



TUGAS AKHIR – TM141585

**PENENTUAN *KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI)*
SISTEM PERAWATAN PADA *ROTATING EQUIPMENT*
BERDASARKAN DATA HISTORIS PERAWATAN**

BAGUS ALIF FIRMANDOKO
NRP. 021116 45 000051

Dosen Pembimbing:
Ir. Suwarmin, PE.

**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT – TM141585

**DEFINING *KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI)* OF
MAINTENANCE SYSTEM ON *ROTATING EQUIPMENT*
BASED ON HISTORICAL MAINTENANCE DATA**

BAGUS ALIF FIRMANDOKO
NRP. 021116 45 000051

Advisory Lecturer
Ir. Suwarmin, PE.

BACHELOR PROGRAM
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN *KEY PERFORMANCE INDICATOR* (KPI) SISTEM PERAWATAN PADA *ROTATING EQUIPMENT* BERDASARKAN DATA HISTORIS PERAWATAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BAGUS ALIF FIRMANDOKO

NRP.02111645000051

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Suwarmin, PE.
NIP. 196103141987011001
 2. Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc.
NIP. 196107141988031 003
 3. Nur Ikhwan, ST., M.Eng.
NIP. 196709151995121001
 4. Ari Kurniawan Saputra, ST., MT.
NIP. 198604012015041001
- 

SURABAYA

JULI, 2018

**Penentuan *Key Performance Indicator* (KPI) Sistem
Perawatan pada *Rotating Equipment* Berdasarkan Data
Historis Perawatan**

Nama : Bagus Alif Firmandoko
NRP : 2116 105 051
Jurusan / Fakultas : Teknik Mesin / FTI
Dosen Pembimbing : Ir. Suwarmin, PE

Abstrak

Power plant merupakan salah satu bagian penting dalam industri sebagai penyedia power untuk digunakan dalam proses produksi. Power plant beroperasi secara terus menerus untuk menyediakan kebutuhan tenaga listrik, sehingga rawan akan terjadinya kegagalan operasi. Kegiatan pemeliharaan mesin sangat diperlukan dalam kelancaran proses produksi. Data historis yang diperoleh menunjukkan terdapat banyak aktivitas perawatan yang terjadi dalam periode tahun 2004 hingga 2006. Terdapat jumlah total *work order* sebanyak 12171 aktivitas, dengan rincian 5239 perawatan *electrical equipment*, 2766 perawatan *rotating equipment*, 2185 *stationary equipment*, 1981 *instrument equipment*. Data historis tersebut merupakan *work order* yang meliputi ruang lingkup pekerjaan yang harus dilakukan (objek teknis di mana perawatan yang akan dilakukan, operasi, start/finish jadwal, dan durasi). Penilaian performa pada perawatan yang dijalankan menjadi salah satu hal penting yang harus dilakukan guna mengetahui apakah perawatan yang dijalankan sudah optimal dan sesuai target. Penggunaan *Key Performance Indicator* dapat membantu perusahaan untuk menetapkan target serta nilai ambang batas kinerja perusahaan tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan MTBF dan *Reliability* untuk menganalisa performa perawatan yang telah dijalankan pada power plant. Data historis perawatan yang

digunakan dalam perhitungan adalah data historis perawatan *rotating equipment* untuk periode 2004-2006. Hasil perhitungan MTBF dan *Reliability* selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan dan menyusun alternatif atau bahkan modifikasi pada manajemen perawatan. Alternatif dan modifikasi yang didapatkan dikaji ulang kembali agar sesuai dengan indikator dan target yang diharapkan.

Hasil yang didapat dalam penelitian ini adalah nilai batas ambang minimum atau *minimum threshold* untuk nilai *reliability rotating equipment plant* 31 berada di kisaran 0,3. Hal ini didapatkan berdasarkan hasil *plotting* nilai *reliability* dari 12 critical rotating equipment yang meliputi 5 peralatan ECR-1 (Equipment Critical Rate) dan 7 peralatan ECR-2. Nilai tersebut selanjutnya dapat dijadikan indikator untuk evaluasi dan modifikasi sehingga dapat menghasilkan nilai baru yang lebih tinggi.

Kata Kunci: *Work Order, Key Performance Indicator, Mean Time Between Failure, Reliability, Maintainability, Availability.*

Defining Key Performance Indicator (KPI) Maintenance System of Rotating Equipment based on Historical Maintenance Data

Name : Bagus Alif Firmandoko
NRP : 2116 105 051
Department : Mechanical Engineering, FTI-ITS
Counselor Lecturer : Ir. Suwarmin, PE

Abstract

Power plant is one of the most important part of industrial area as power supplier that needed by production process. Power plant operates continuously to supply electrical necessity, that's why power plant is so vulnerable to operational failure. Maintenance of machines at power plant needed to keep the running of production. From historical maintenance data, there are a lot of maintenance activities occur from period of 2004 until 2006. There are 12171 total of work order activities, which is 5239 from electrical equipment, 2766 from rotating equipment, 2185 from stationary equipment and 1981 from instrument equipment. Those historical data provides work description, scheduling, duration and execution method. Performance quality need to be calculated so it can be known whether it is good or bad maintenance. Key Performance Indicator provides company to define target and indicator needed to do evaluation.

In this research calculation of MTBF and Reliability needed to analyze maintenance quality. Historical data that used in this research is work orders of maintenance activities within 2004-2006. Result from calculation of MTBF and Reliability can be used to determine minimum treshold and other indicators to generate suggestion or even modification to the existing maintenance activities.

Result of this research is value of minimum threshold and schedule compliance that can be used as indicator of evaluation for rotating equipment. Minimum threshold value around 0,3 gained from reliability calculation of 12 critical rotating equipment, which is 5 equipment from ECR-1 (Equipment Critical Rate) and 7 equipment from ECR-2. Those value can be used in another day to define the best and suitable maintenance activities.

Keywords: Work Order, Key Performance Indicator, Mean Time Between Failure, Reliability, Minimum Threshold, Schedule Compliance

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan petunjuk-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini antara lain:

1. Bapak Ir. Suwarmin, PE., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan ilmu – ilmu yang bermanfaat, saran, serta membimbing penulis. Terimakasih atas waktu dan kesabarannya dalam membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Vivien Suphandani ST., ME., PhD., selaku dosen wali.
3. Orang tua penulis, Ibu Titik Martiningsih, Bapak Sugeng Firmanto, keluarga penulis yang selalu berdoa, dan memberikan dukungan moral dan materi serta nasehat agar selalu bersemangat dan pantang menyerah. Terimakasih atas motivasi dan kasih sayang yang selalu diberikan demi kesuksesan penulis.
4. Tim Dosen Penguji, Bapak Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc., Bapak Nur Ikhwan, ST., M.Eng., dan Bapak Ari Kurniawan Saputra, ST., MT., yang telah memberikan banyak saran dan masukan untuk memperbaiki Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan, mas Sapto Wisasno, Sarin Azistarini dan Redhian Yoga yang telah memberikan semangat, kerjasama, dan bantuannya yang sangat berharga.
6. Segenap teman-teman kontrakan, Bhima Poetra Perdana dan Amanda Salman Al-Farizy, terima kasih atas suka

duka selama 2 tahun ini dalam merantau dan bersenang senang.

7. Teman-teman yang selalu meyemangati, Febrina Dwi Jayanti, Fadhila Qorira dan Rizkia Dinda Bernastito, terimakasih atas pemberian semangat dan motivasinya.
8. Teman-teman LJ Teknik Mesin angkatan 2016, yang telah menemani selama 2 tahun, terimakasih atas semuanya.
9. Segenap teman-teman Laboratorium Otomasi Industri Teknik Mesin ITS, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
10. Seluruh Civitas Akademik Teknik Mesin FTI-ITS.
11. Serta seluruh pihak yang belum disebutkan di atas dimana telah memberikan do'a bantuan dan dukungan bagi penulis hingga tugas akhir ini selesai tepat waktu dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan pengetahuan.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| LEMBAR PENGESAHAN | III |
| ABSTRAK | IV |
| ABSTRACT | VI |
| KATA PENGANTAR | VIII |
| DAFTAR ISI | X |
| DAFTAR GAMBAR | XIV |
| DAFTAR TABEL | XVI |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH | 2 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN | 2 |
| 1.4 BATASAN MASALAH | 3 |
| 1.5 MANFAAT PENELITIAN | 3 |
| 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN | 3 |
| BAB II DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 DEFINISI MAINTENANCE | 5 |
| 2.2 PREDICTIVE MAINTENANCE | 5 |
| 2.2.1 <i>Manfaat dan Tujuan Predictive Maintenance</i> | 7 |
| 2.2.2 <i>Metode Predictive Maintenance</i> | 9 |
| 2.3 PREVENTIVE MAINTENANCE | 15 |
| 2.3.1 <i>Manfaat dan Tujuan Preventive Maintenance</i> | 16 |
| 2.4 PEMELIHARAAN KOREKTIF (CORRECTIVE MAINTENANCE) | 16 |
| 2.5 PERFORMANCE MAINTENANCE | 18 |
| 2.5.1 <i>Reliability</i> | 18 |
| 2.5.2 <i>Maintainability</i> | 18 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.5.3 | <i>Availability</i> | 19 |
| 2.5 | WORK ORDER..... | 19 |
| 2.6.1 | <i>Schedule Compliance</i> | 20 |
| 2.6.2 | <i>Work Orders Efficiency</i> | 20 |
| 2.6.3 | <i>Work Orders Overdue</i> | 21 |
| 2.6.4 | <i>MTBF dan Reliability</i> | 21 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | | 23 |
| 3.1 | DIAGRAM ALIR PENELITIAN | 23 |
| 3.2 | METODOLOGI PENELITIAN | 24 |
| 3.2.1 | <i>Studi Literatur, Pengambilan Data dan Identifikasi</i> <i>Permasalahan</i> | 24 |
| 3.2.2 | <i>Identifikasi WO dan WR</i> | 24 |
| 3.2.3 | <i>Perhitungan MTBF</i> | 25 |
| 3.2.4 | <i>Perhitungan Reliability</i> | 25 |
| 3.2.5 | <i>Analisa Reliability</i> | 25 |
| 3.2.6 | <i>Penyusunan Alternatif dan Modifikasi</i> | 25 |
| 3.2.7 | <i>Evaluasi KPI Berbasis Jenis WO</i> | 25 |
| 3.2.8 | <i>Penarikan Kesimpulan</i> | 26 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | | 27 |
| 4.1 | PEMILAHAN <i>ROTATING EQUIPMENT</i> YANG AKAN DIANALISA | 27 |
| 4.2 | PROSEDUR PERHITUNGAN MTBF DAN <i>RELIABILITY</i> | 28 |
| 4.3 | PROSEDUR <i>SCHEDULE COMPLIANCE</i> | 30 |
| 4.4 | ANALISA DAN PEMBAHASAN UNTUK <i>CRITICAL EQUIPMENT ECR-1</i> | 30 |
| 4.4.1 | <i>Turbin Steam Power Generator 31-PT-5</i> | 30 |
| 4.4.2 | <i>Turbin Steam Power Generator 31-PT-8</i> | 35 |
| 4.4.3 | <i>Turbin Steam Power Generator 31-PT-9</i> | 40 |
| 4.4.4 | <i>Turbin Steam Power Generator 31-PT-10</i> | 45 |
| 4.4.5 | <i>Turbin Steam Power Generator 31-PT-13</i> | 50 |
| 4.5 | ANALISA DAN PEMBAHASAN UNTUK <i>CRITICAL EQUIPMENT ECR-2</i> | 54 |
| 4.5.1 | <i>Pompa Lubrikasi 31-G-114A & 114B</i> | 54 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 4.5.2 | <i>Fan Radiator 31-K-6A, 31-K-6B dan 31-K-6C</i> | 58 |
| 4.5.3 | <i>Kompresor Starting Air 31-K-8A dan 31-K-8C</i> | 62 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 67 |
| 5.1 | KESIMPULAN | 67 |
| 5.2 | SARAN | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 69 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| GAMBAR 2.1 PROSES ANALISA VIBRASI | 10 |
| GAMBAR 2.2 PROSES THERMOGRAPHY | 11 |
| GAMBAR 2.3 JENIS DAN MACAM GESEKAN | 14 |
| GAMBAR 2.4 JENIS DAN MACAM KEAUSAN | 15 |
| GAMBAR 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN | 23 |
| GAMBAR 4.1 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M TURBIN PT-5 | 32 |
| GAMBAR 4.2 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M TURBIN PT-8 | 37 |
| GAMBAR 4.3 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M TURBIN PT-9 | 42 |
| GAMBAR 4.4 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M TURBIN PT-10 | 47 |
| GAMBAR 4.5 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M TURBIN PT-13 | 51 |
| GAMBAR 4.6 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M POMPA G-114AB55 | |
| GAMBAR 4.7 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 1M DAN PM 6M FAN RADIATOR K-6ABC | 59 |
| GAMBAR 4.8 NILAI <i>RELIABILITY</i> PM 3M DAN PM 6M KOMPRESOR K-8AC | 63 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| TABEL 4.1 <i>ROTATING EQUIPMENT</i> YANG AKAN DIANALISA | 28 |
| TABEL 4.2 CONTOH PERHITUNGAN TOTAL UPTIME | 29 |
| TABEL 4.3 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TURBIN 31-PT-5 | 31 |
| TABEL 4.4 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA TURBIN 31-PT-5 | 34 |
| TABEL 4.5 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TURBIN 31-PT-8 | 36 |
| TABEL 4.6 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA TURBIN 31-PT-8 | 39 |
| TABEL 4.7 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TURBIN 31-PT-9 | 41 |
| TABEL 4.8 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA TURBIN 31-PT-9 | 44 |
| TABEL 4.9 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TURBIN 31-PT-10 | 46 |
| TABEL 4.10 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA TURBIN 31-PT-10 | 49 |
| TABEL 4.11 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TURBIN 31-PT-13 | 50 |
| TABEL 4.12 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA TURBIN 31-PT-13 | 53 |
| TABEL 4.13 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN POMPA G-114A & 114B | 54 |
| TABEL 4.14 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA POMPA G-114AB | 57 |
| TABEL 4.15 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN FAN RADIATOR K-6ABC | 58 |
| TABEL 4.16 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA FAN RADIATOR K-6ABC | 61 |

| | |
|--|----|
| TABEL 4.17 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN KOMPRESOR K-8AC | 62 |
| TABEL 4.18 DAFTAR AKTIVITAS PERAWATAN TERENCANA KOMPRESOR K-8AC | 65 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam usaha untuk mempertahankan mutu dan meningkatkan produktifitas, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah masalah perawatan (*maintenance*) fasilitas produksi. Fasilitas produksi disini berupa komponen mesin yang harus dipertahankan agar kondisinya sama dengan ketika masih baru, atau setidaknya berada dalam kondisi yang wajar untuk melakukan operasi. Mesin merupakan komponen utama dalam proses produksi, apabila suatu mesin mengalami kerusakan/*breakdown*, maka proses produksi juga akan terpengaruh, dan akan berakibat pada gagalnya menghasilkan produk. Paling fatal adalah jika mesin tidak bisa berfungsi, maka proses produksi tidak akan bisa berjalan.

Penilaian performa pada perawatan yang dijalankan menjadi salah satu hal penting yang harus dilakukan guna mengetahui apakah perawatan yang dijalankan sudah optimal dan sesuai target. Penggunaan *Key Performance Indicator* dapat membantu perusahaan untuk menetapkan target serta nilai ambang batas kinerja perusahaan tersebut. *Key Performance Indicator* yang digunakan untuk mengukur performa pada setiap bagian di dalam suatu perusahaan memiliki variabel yang berbeda-beda. Metode penilaian performa yang dapat diterapkan adalah dengan melakukan perhitungan *Maintainability*, *Reliability* dan *Availability* (MRA). Nilai MRA yang didapatkan dapat digunakan untuk mengetahui serta mengukur performa mesin dalam periode tertentu.

Power plant merupakan salah satu bagian penting dalam industri sebagai penyedia power untuk digunakan dalam proses produksi. Power plant beroperasi secara terus menerus untuk menyediakan kebutuhan tenaga listrik, sehingga rawan akan terjadinya kegagalan operasi. Dalam periode 2004-2006, Plant 31 menghasilkan *Work Order* (WO) paling banyak dari *Plant* yang

lain. Semakin tinggi *Work Order* yang dihasilkan, mengindikasikan bahwa terjadi banyak aktivitas kerja pada plant tersebut dan memungkinkan terjadinya *loses* baik dari segi waktu dan biaya operasional.

Sebagai tindakan lanjutan, diperlukan adanya analisa penilaian performa pada perawatan yang dijalankan pada Plant 31. Penilaian performa tersebut dapat dilakukan berdasarkan data historis *Work Order* yang terdiri dari ruang lingkup pekerjaan yang harus dilakukan (objek teknis di mana perawatan yang akan dilakukan, operasi, start / finish jadwal, dan durasi), sumber daya yang terkait (tenaga kerja, bahan, dan jasa). Penggunaan *data mining* pada *Work Order Plant 31* dapat dilakukan untuk prediksi dan deskripsi pola aktivitas yang terdapat pada *Work Order*. Prediksi dilakukan dengan menggunakan beberapa variabel atau data yang tersedia untuk memprediksikan hal yang belum diketahui dan nilai di masa depan dari beberapa variable lain.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan permasalahan pada tugas akhir ini adalah menganalisa performa perawatan yang terekam pada data historis *work order* dan mencari solusi terbaik untuk perawatan yang optimal.

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini berdasarkan atas rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis performa perawatan yang sudah dijalankan pada *Plant 31*
2. Penyusunan dan penentuan KPI berdasarkan analisa performa perawatan

1.4 Batasan masalah

Agar pembahasan permasalahan ini tidak meluas khususnya pada pembahasan tujuan penulisan, maka diperlukan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Data yang digunakan adalah data historis *work order plant* 31 dari tahun 2004 hingga 2006
2. Sistem yang diteliti adalah sistem *Boiler Feedwater*, khususnya pada *rotating equipment*

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat, antara lain:

1. Saran kepada pihak Departemen Pemeliharaan Plant 31 dalam peningkatan kualitas maintenance pabrik.
2. Sebagai pembelajaran dalam melakukan analisa performa perawatan/pemeliharaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang dipergunakan dalam penulisan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini dibahas tentang latar belakang pemilihan masalah sebagai topik tugas akhir, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian, batasan masalah dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

2. Bab II Studi Literatur

Studi literatur mencakup beberapa referensi yang digunakan untuk mendukung penelitian seperti deskripsi *maintenance* secara umum, metode *maintenance* yang digunakan oleh Plant 31, serta *performance maintenance*.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Dalam bab ini dibahas tentang metode penelitian yang dipergunakan serta prosedur yang mencakup

tahap persiapan dan pengambilan data penelitian yang dilakukan.

4. Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini mencakup analisa mengenai perhitungan performa yang dilakukan pada data historis *work order* berupa nilai MTBF dan *Reliability* untuk kemudian digunakan untuk penentuan *Key Performance Indicator*.

5. Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan hasil penelitian, yakni berupa faktor apa saja yang berpengaruh terhadap patahnya poros dan solusi dari permasalahan tersebut, serta saran untuk perawatan yang optimal.

BAB II

DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas mengenai dasar teori tentang perawatan (*maintenance*) seperti *predictive maintenance*, *preventive maintenance* pada umumnya dan *performance maintenance* pada khususnya. Dasar-dasar dari perhitungan *performance maintenance* dibahas pada bab ini dengan tinjauan pustaka yang merupakan rangkuman jurnal dan penelitian referensi sebagai acuan pengerjaan.

2.1 Definisi Maintenance

Maintenance (perawatan) adalah tindakan teknik dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin/peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya dengan baik, efisien, dan ekonomis sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi. Seiring berlalunya waktu, fungsi mesin serta peralatan yang digunakan untuk produksi semakin lama akan berkurang. Penggunaan sistem perawatan yang baik dapat memperpanjang usia kegunaan mesin dengan melakukan perawatan secara berkala dan perawatan yang tepat.

Terdapat dua hasil yang diharapkan dari kegiatan perawatan, yaitu :

- a) *Condition maintenance*, yaitu aktivitas perawatan untuk mempertahankan keadaan mesin/peralatan agar dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan usia ekonomis mesin itu.
- b) *Replacement maintenance*, yaitu aktivitas perawatan untuk perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

2.2 Predictive Maintenance

Predictive maintenance merupakan salah satu metode pemeliharaan yang sering digunakan. Metode tersebut bukanlah metode utama untuk semua faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan dari suatu peralatan di pabrik karena tidak dapat secara

langsung mempengaruhi kinerja dari suatu pabrik. Perawatan *predictive* pada dasarnya merupakan filosofi atau perilaku yang menggunakan kondisi operasi sesungguhnya dari peralatan untuk mengoptimalkan operasi pabrik. Output dari perawatan dari program *predictive* adalah data. Perawatan ini termasuk jenis “*condition-based maintenance*” dimana perubahan kondisi mesin atau peralatan dapat dideteksi sehingga tindakan yang bersifat proaktif dapat segera dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin (Higgins, 2002).

Dewasa ini, pola pemeliharaan *predictive* dianggap lebih efektif dan efisien karena pemeliharaan dilakukan berdasarkan hasil pengamatan (monitoring) dan analisa untuk menentukan kondisi dan kapan pemeliharaan akan dilaksanakan, berbeda dengan pola pemeliharaan yang lain seperti pada pola pemeliharaan *time base maintenance*. Pada pola pemeliharaan *time base maintenance*, pemeliharaan dilakukan hanya berdasarkan pada jam operasi peralatan/komponen tanpa mempertimbangkan apakah peralatan tersebut masih baik atau tidak.

Pengembangan pola pemeliharaan *predictive* memanfaatkan berbagai peralatan untuk pengujian dan monitoring. Pengujian dan monitoring dilakukan dengan metoda analitis yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas pemeliharaan, kendala operasi, serta efektifitas dalam penggunaan biaya pemeliharaan itu sendiri.

Penggunaan dari teknologi *predictive maintenance* memungkinkan kinerja dari departemen perawatan dapat meningkat karena kondisi permesinan dapat diketahui dengan baik tanpa menghentikan jalannya mesin. Perawatan *predictive* menunjukkan penyimpangan dari kondisi normal kerja mesin dan dengan cara ini dapat memberikan cara yang lebih handal untuk mengetahui kerusakan yang sedang dan akan terjadi, dengan menunjukkan komponen yang rusak maka pihak manajemen dapat menyiapkan komponen sesuai kebutuhan yang diinginkan. Kunci utama perawatan *predictive* adalah mendeteksi adanya

kerusakan atau kesukaran yang akan terjadi dan segera menyelesaikan masalah tersebut sebelum terjadinya kerusakan mesin atau machine breakdown.

Perawatan *predictive* bekerja berdasarkan proses monitoring condition yang dilakukan terhadap peralatan yang diinginkan. Data-data hasil pengukuran atau pengujian yang didapatkan selanjutnya dibandingkan dengan data-data acuan yang telah diketahui sebelumnya (known engineering limit), untuk menentukan kondisi operasi dari peralatan tersebut. Teknik pemantauan yang umumnya digunakan dalam perawatan *predictive* meliputi monitoring vibrasi, tribologi, metode thermography, inspeksi visual dan metode non – destructive testing. (Higgins, 2002).

2.2.1 Manfaat dan Tujuan Predictive Maintenance

Manfaat dari *Predictive Maintenance* adalah :

- ♦ Memperpanjang lifetime mesin. *Predictive maintenance* merupakan perawatan berdasarkan hasil pengamatan (condition monitoring). Ketidaknormalan pada mesin secepatnya dapat diketahui sehingga mencegah terjadi kerusakan dan memperpanjang umur dari suatu mesin.
- ♦ Memperbaiki efisiensi dari mesin beserta performanya Perbaikan pada mesin apabila keadaan mesin tersebut tidak sesuai dengan kondisi normalnya. Perbaikan dapat mencegah kerusakan dan menjaga performa serta efisiensi mesin agar tetap optimal.
- ♦ Digunakan untuk manajemen perawatan. Data-data yang didapat dari *predictive maintenance* dapat kita gunakan sebagai acuan manajemen perawatan di *plant* tersebut. Manajemen perawatan akan mengurangi biaya perawatan dan meminimalisir proses *breakdown* yang tidak terjadwal.

- ♦ Data–data hasil pengukuran dapat digunakan untuk evaluasi, modifikasi dan perbaikan peralatan di kemudian hari.

Data yang diperoleh dari *predictive maintenance* dapat digunakan untuk mengatur jadwal perawatan rutin (*preventive maintenance*) dan bisa mengevaluasi peralatan – peralatan baik yang baru maupun yang sudah lama berdasarkan data tersebut. Keuntungan utama penerapan perawatan *predictive* adalah meningkatkan kesiapan peralatan pabrik karena keandalan mesin yang lebih bagus. Kecenderungan rusaknya mesin dimasa mendatang dapat diantisipasi dengan baik sehingga dengan demikian aktivitas perawatan yang direncanakan akan cocok dengan jadwal shutdown peralatan. Keuntungan lain yang didapat adalah berkaitan dengan menurunnya biaya spare part peralatan dan upah buruh.

Mesin yang mengalami kerusakan selama beroperasi akan menyebabkan biaya perbaikan kira-kira 10 kali lebih besar dibandingkan bila kegiatan repair dilakukan sesuai jadwal. Banyak kasus terjadi dimana mesin mengalami kerusakan setelah startup dimana hal ini biasanya terjadi karena built – in defect maupun pemasangan yang tidak sesuai prosedur. Teknik perawatan *predictive* dapat digunakan untuk menjamin alignment (R. Krith Mobley, 2002).

- ❖ Mengurangi atau meminimumkan kerusakan peralatan
- ❖ Memperbaiki efisiensi mesin dan kinerjanya
- ❖ Data menciptakan petunjuk perawatan *predictive*
- ❖ Memberikan data – data hasil pengukuran yang dapat digunakan untuk modifikasi dan perbaikan peralatan di kemudian hari
- ❖ Memberikan metoda untuk penerimaan mesin baru

2.2.2 Metode Predictive Maintenance

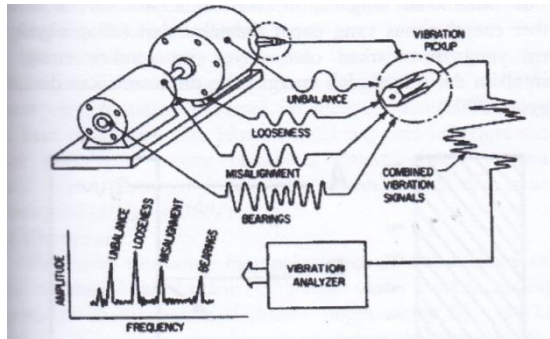
A. Analisa Vibrasi

Analisa vibrasi digunakan untuk menentukan kondisi operasi dari mesin dimana dalam metoda ini dapat mendiagnosa terjadinya kelainan atau kerusakan pada mesin atau peralatan. Peralatan pabrik kebanyakan terdiri atas sistem *electrical* dan *mechanical*, sehingga analisa vibrasi telah menjadi metoda utama dalam sistem perawatan *predictive*. Penggunaan analisa vibrasi dapat mengidentifikasi masalah lebih awal sebelum masalah tersebut menyebabkan kerusakan peralatan.

Berbagai masalah yang muncul bisa meliputi bearing yang rusak, kelonggaran mekanis ataupun roda gigi yang pecah. Analisa vibrasi dapat mendeteksi adanya misalignment (ketidaklurusan poros) dan imbalance (ketidakseimbangan) yang terjadi pada berbagai peralatan. Semua rotating machinery menghasilkan getaran yang dipengaruhi oleh kelurusan (alignment) dan keseimbangan (balance) dari komponen yang berputar. Pengukuran intensitas getaran pada frekuensi tertentu dapat memberi informasi tentang ketepatan kelurusan poros dan keseimbangannya, kondisi bearing dan roda gigi serta pengaruh struktur permesinan terhadap resonansi mesin.

Analisa vibrasi merupakan jenis metoda yang efektif dan serta sangat cocok digunakan untuk memonitoring kondisi mesin selama start-up, shutdown, dan operasi normalnya. Analisa vibrasi biasanya digunakan untuk peralatan roda gigi. Pada gambar 2.1, diilustrasikan peralatan yang digunakan untuk analisa vibrasi dan dapat dibagi menjadi 2 bagian. Sensor atau transducer yang dipasang pada machine housing atau bearing cup dan analyzer atau vibration monitoring yang berfungsi mengolah data hasil pengukuran agar dapat

digunakan untuk mendiagnosa masalah yang timbul. (Higgins, 2002).



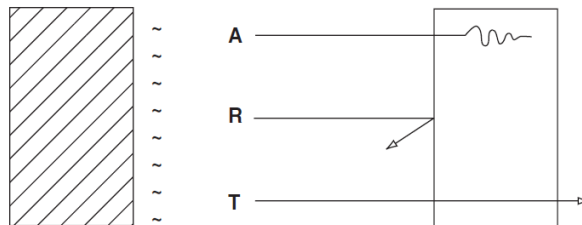
Gambar 2.1 Proses Analisa Vibrasi
(R. Krith Mobley, 2002)

B. Thermography

Thermography merupakan teknik perawatan *predictive* yang dapat digunakan untuk memonitoring kondisi mesin pabrik, struktur bangunan serta mesin dan peralatan listrik. Metoda ini menggunakan instrumentasi yang dirancang untuk memonitoring emisi energi inframerah yang dikeluarkan oleh peralatan untuk menentukan kondisinya.

Thermography digunakan untuk mengetahui anomali panas yang terjadi, misalnya lokasi pada mesin yang lebih panas daripada yang seharusnya dan digunakan untuk menentukan problem yang terjadi pada peralatan tersebut. Teknologi inframerah ini didasarkan atas kenyataan bahwa semua benda yang memiliki temperature diatas nol absolut akan memancarkan energi atau radiasi. Radiasi inframerah merupakan salah satu bentuk dari energi yang dipancarkan ini.

Emisi inframerah (below red) adalah panjang gelombang terpendek dari semua energy yang diradiasikan dan tidak dapat dilihat oleh manusia tanpa menggunakan alat khusus. Intensitas radiasi inframerah dari suatu benda merupakan fungsi dari temperature permukaannya. Hal ini terjadi karena adanya sumber energy panas yang dapat dideteksi dari setiap obyek yaitu energi yang dipancarkan oleh obyek itu sendiri, energi yang dipantulkan dari obyek dan energi yang ditransmisikan dari obyek (*Higgins, 2002*). Proses thermography diilustrasikan pada gambar 2.2:



Gambar 2.2 Proses Thermography
(*Higgins, 2002*)

C. Parameter Proses

Kebanyakan industri tidak menganggap bahwa efisiensi mesin atau peralatan merupakan bagian dari perawatan *predictive*, namun demikian mesin yang tidak bekerja dengan efisiensi yang semestinya akan mengganggu kapasitas produksi. Program perawatan *predictive* yang menyeluruh harus melibatkan monitoring secara rutin parameter proses. Pengujian vibrasi dan thermography dapat digunakan untuk mengetahui kondisi mekanis dari suatu peralatan, tetapi tidak dapat menjelaskan besarnya efisiensi peralatan tersebut. Kedua pengujian tersebut tidak dapat mencakup masalah yang bersifat mekanis tetapi pada kenyataannya peralatan tersebut dapat beroperasi dengan

efisiensi yang kurang dari 50%. Jika parameter proses diterapkan pada suatu peralatan seperti pompa, maka diperlukan data-data seperti tekanan dan daya.

Monitoring parameter proses harus mencakup semua peralatan dan sistem yang berkaitan dengan proses di pabrik. Peralatan yang termasuk program ini meliputi pompa, kompresor, turbin, heat exchanger, fan, blower, ketel uap, dan beberapa sistem lainnya. Penerapan parameter proses dalam sistem perawatan *predictive* harus disertai dengan penyediaan metoda data akuisisi yang memadai.

D. Ultrasonic

Pengujian ultrasonic merupakan metoda untuk mengetahui kondisi operasi dari suatu peralatan dan material dengan menggunakan energi suara berfrekuensi tinggi sekitar 20 – 100 kHz. Metoda ini didasarkan atas kenyataan bahwa kebanyakan mesin memancarkan pola suara yang konsisten selama beroperasi normal. Perubahan pola suara ini dapat menandakan adanya kesalahan pada mesin, seperti keausan, kebocoran fluida atau vacuum, dan lain-lain.

E. Visual Inspection

Inspeksi visual terhadap mesin secara teratur merupakan bagian dari program perawatan *predictive*. Dalam banyak hal, inspeksi visual akan dapat mendeteksi masalah yang mungkin terlewatkan dideteksi oleh metoda perawatan *predictive* lainnya. Inspeksi visual yang dilakukan secara rutin akan dapat membantu metoda lainnya dan menjamin bahwa masalah yang serius dapat terdeteksi sebelum kerusakan terjadi.

Inspeksi visual umumnya dilakukan dengan menggunakan panca indra manusia seperti penglihatan, pendengaran, penciuman, atau peraba. Inspeksi visual penting untuk keberhasilan sebuah program. Biasanya metoda inspeksi visual dapat diklasifikasikan menjadi 2 metoda yaitu :

- ◆ Human senses
- ◆ Sensor

F. Tribologi

Tribologi adalah ilmu yang mempelajari peristiwa interaksi dua permukaan yang bergerak relatif satu terhadap lainnya, dimana didalamnya terdapat fenomena gesekan, pelumasan, dan keausan. Tribologi sangat penting/vital bagi keandalan peralatan; peralatan yang seharusnya siap setiap saat, akan jadi tidak siap ketika di butuhkan karena mengalami kerusakan yang diakibatkan masalah pelumasan.

◆ Pelumasan

Metode *maintenance* di dunia industri melibatkan pelumasan sebagai bagian penting dalam implementasinya. Prosedur pelumasan yang baik akan mampu menurunkan biaya *maintenance*, antara lain karena umur komponen yang lebih lama.

Film/lapisan pelumasan (*lubrication film*) yang terbentuk dipengaruhi oleh viskositas dari *lubricant*, kontak geometri dan kecepatan relatif horizontal dan vertical.

Fungsi Dasar Pelumasan :

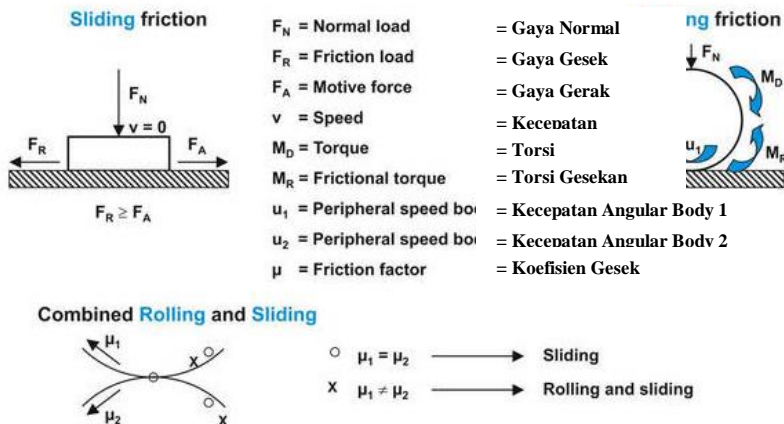
- ◆ Reduksi gesekan.
- ◆ Mereduksi keausan.
- ◆ Mereduksi temperatur.
- ◆ Mencegah karat dan korosi.
- ◆ Pelindung terhadap kontaminan dan kotoran.
- ◆ Peredam kejutan dan reduksi vibrasi.

◆ Gesekan

Gesekan adalah gaya yang menghambat perpindahan dari benda yang bergerak. Atau gaya yang melawan gerak suatu permukaan *sliding* atau

rolling pada permukaan lain, dimana kedua permukaan tersebut saling kontak. Pada umumnya dipresentasikan oleh koefisien gesek μ .

Pada gambar 2.3, diilustrasikan beberapa gaya yang mempengaruhi terjadinya gesekan. Gesekan proporsional dengan beban atau gaya normal, dan koefisien gesek independen terhadap luas permukaan. Gaya yang diperlukan untuk memulai sliding umumnya lebih besar dari pada gaya yang diperlukan untuk mempertahankannya. Sehingga disebut koefisien gesek kinetis μ_k lebih kecil dari pada koefisien gesek statis μ_s .

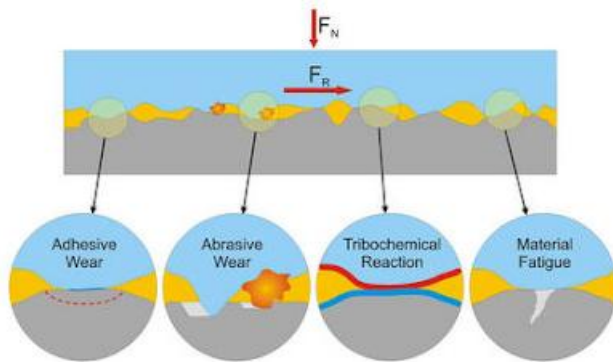


Gambar 2.3 Jenis dan Macam Gesekan
 (R. Krith Mobley, 2002)

◆ Keausan/Wear

Keausan merupakan fenomena yang sering terjadi akibat adanya tumbukan antar chain pin dengan chain link, yaitu lepasnya material dari permukaan chain pin, yang dapat dipengaruhi oleh

faktor pembebanan, panjang lintasan dan sifat dari material tersebut. Ini berhubungan dengan interaksi permukaan dan lebih spesifik lagi adalah penghilangan material dari suatu permukaan sebagai hasil dari aksi mekanikal. Pada gambar 2.4, diilustrasikan tentang macam serta perbedaan beberapa jenis keausan.



Gambar 2.4 Jenis dan Macam Keausan
(R. Krith Mobley, 2002)

2.3 Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara terjadwal untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang mengganggu proses produksi. Semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan (*preventive maintenance*) akan terjamin kontinuitas kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal, umumnya secara periodik, dimana sejumlah tugas pemeliharaan seperti inspeksi, perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan dan penyesuaian dilaksanakan.

2.3.1 Manfaat dan Tujuan Preventive Maintenance

Berikut adalah manfaat dan tujuan melakukan preventive maintenance:

- ♦ Memperkecil overhaul (turun mesin).
- ♦ Mengurangi kemungkinan reparasi berskala besar
- ♦ Mengurangi biaya kerusakan / penggantian mesin.
- ♦ Memperkecil kemungkinan produk-produk yang rusak.
- ♦ Meminimalkan persediaan suku cadang.
- ♦ Memperkecil *costs* tambahan akibat penurunan mesin (overhaul).

2.4 Pemeliharaan Korektif (Corrective Maintenance)

Pemeliharaan korektif merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan terhadap kegagalan yang terjadi. Perbaikan ini dilakukan untuk mencegah kegagalan dan untuk meminimalisir (ataupun menghilangkan) resiko akibat kegagalan. Kegiatan pemeliharaan korektif meliputi perbaikan/penggantian suku cadang atau material yang bersifat *consumable* yang dibutuhkan bagi peralatan dalam suatu waktu tertentu. Keputusan untuk menjalankan pemeliharaan ini sejalan dengan skema pemeliharaan preventif dan prediktif.

Pemeliharaan korektif sendiri tergolong dalam *unplanned maintenance* dan dibagi menjadi dua garis besar, *reactive repair* untuk perbaikan kecil dan *breakdown repair* untuk perbaikan besar. Pemeliharaan korektif “tidak terencana” dilakukan pada peralatan setelah peralatan mengalami kegagalan dan menuntut dilakukannya perbaikan. Pemeliharaan ini mengindikasikan kurangnya perencanaan. Pemeliharaan korektif diperlukan untuk perbaikan akibat kegagalan pemakaian (*malfunction*) atau kerusakan yang ditangani pada waktu tertentu sesuai dengan kekritisan peralatan, ketersediaan material dan sumber daya yang dibutuhkan.

A.) Reactive Repair

Perawatan perbaikan ini dilakukan segera pada saat terjadi kegagalan pada mesin-mesin yang single dan mesin utama pada proses produksi. Perawatan ini menuntut operator serta teknisi untuk melakukan hal-hal yang mencakup :

- Mencatat hasil yang timbul dari kerusakan yang terjadi secara detail dan terperinci, sehingga operator dan teknisi dapat menganalisa kerusakan dan mencari penyebabnya.
- Memberikan masukan-masukan setelah melakukan pencatatan serta menganalisanya, yang tujuannya adalah mencegah kejadian serupa terjadi kembali pada mesin/peralatan

B.) Breakdown Repair

Breakdown repair dilakukan pada mesin yang telah mengalami kegagalan dan berhenti beroperasi. Penerapan breakdown repair dilakukan pada mesin-mesin yang terus beroperasi hingga mengalami kerusakan dan memiliki mesin pengganti. Breakdown repair dilakukan untuk mengurangi biaya pemeliharaan yang tinggi akibat pemeliharaan terjadwal.

Kegiatan pemeliharaan ini, merupakan sesuatu yang tak terduga di dalam suatu plant yang terjadi karena kekeliruan atau kegagalan atau kondisi yang memburuk. Plant/fasilitas/sistem/unit/peralatan yang menghadapi gangguan (kegagalan) yang berdampak pada keamanan/ketertiban, produksi, peralatan mahal, ataupun kegagalan berulang (terjadi lebih dari sekali dalam satu tahun) harus melakukan analisa akar permasalahan (root cause analysis: RCA) dan mengimplementasikan aksi perbaikan yang bernilai secara ekonomi maupun keamanan.

2.5 Performance Maintenance

Kegiatan pemeliharaan perlu dilakukan agar mesin mampu bekerja optimal tanpa menghambat dan mengganggu proses produksi. Menetapkan strategi preventive *maintenance* dan corrective *maintenance* secara tepat dapat menjadi solusi utama untuk mencegah terjadinya kegagalan. Perlunya perhitungan performa pemeliharaan juga diperlukan untuk mengetahui apakah pemeliharaan sudah efektif baik dari segi teknis maupun dari segi biaya. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*)

2.5.1 Reliability

Reliability adalah kemungkinan (probabilitas) dimana peralatan dapat beroperasi dibawah keadaan normal dengan baik. *Mean Time Between Failure (MTBF)* adalah rata – rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF ini dirumuskan sebagai hasil bagi dari total waktu pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah/frekuensi kegagalan pengoperasian mesin karena *breakdown*.

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Total Jumlah Breakdown}} \quad \dots (2.1)$$

2.5.2 Maintainability

Maintainability adalah suatu usaha dan biaya untuk melakukan perawatan (pemeliharaan). Pengukuran dari *maintainability* adalah *Mean Time To Repair (MTTR)*, tingginya MTTR mengindikasikan rendahnya *maintainability*. MTTR dapat menjadi indikator dalam penanganan kegagalan. *Maintainability* yang baik didapat dengan menyiapkan strategi pemeliharaan yang baik, seperti penjadwalan, persiapan spare part dan personil.

$$MTBF = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Total Jumlah Breakdown}} \quad \dots (2.2)$$

2.5.3 Availability

Availability adalah proporsi dari waktu peralatan/mesin yang sebenarnya tersedia untuk melakukan suatu pekerjaan dengan waktu yang ditargetkan. Perhitungan untuk availability dari suatu sistem sendiri dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \dots (2.3)$$

2.5 Work Order

Work Order adalah dokumen yang mendukung pemeliharaan/pernanganan inspeksi untuk perbekalan material, suku cadang dan kebutuhan layanan. *Work order* disusun berdasarkan pemberitahuan oleh sistem dan berfungsi untuk membantu perencanaan serta penjadwalan pekerjaan pemeliharaan. Work order terdiri dari ruang lingkup pekerjaan yang harus dilakukan (objek teknis di mana perawatan yang akan dilakukan, operasi, start / finish jadwal, dan durasi), sumber daya yang terkait (tenaga kerja, bahan, dan jasa).

Penerbitan *work order* akan memacu terlaksananya seluruh kegiatan yang berkaitan dengan pekerjaan. Fungsi utama dari penggunaan *Work order* adalah sebagai alat komunikasi bagi kebutuhan pekerjaan departemen pemeliharaan pada proses permulaan penjadwalan sebelum tatanan pekerjaan efektif dilakukan.

Work Order dalam *maintenance* terdiri dari 3 proses.

- ♦ Proses Planning, sebagai proses awal perencanaan kerja
- ♦ Scheduling, sebagai proses penjadwalan kerja
- ♦ Execution, sebagai proses pelaksanaan kerja

2.6 Key Performance Indicator

Key Performance Indicator (KPI) digunakan untuk memantau serta memonitor performa setiap bagian dalam perusahaan. *Key Performance Indicators* digunakan untuk

menilai kondisi suatu perusahaan sehingga pemilik perusahaan dapat memutuskan tindakan apa yang harus dilakukan untuk menyikapi kondisi perusahaan yang dimilikinya. Tidak semua matrik bisa dianggap sebagai Key Performance Indicators, suatu matrik bisa dianggap sebagai KPI bila memenuhi beberapa kriteria antara lain berupa memiliki target, berorientasi pada outcome, serta memiliki nilai ambang batas. Penentuan KPI yang optimal harus memenuhi beberapa kriteria antara lain spesifik, terukur, realistis, bisa dipercaya, dan target waktu.

KPI yang digunakan dalam kegiatan pemeliharaan digunakan untuk mengukur performa pemeliharaan dengan variabel yang berbeda-beda. Beberapa indikator yang dapat digunakan untuk penentuan performa suatu sistem pemeliharaan adalah sebagai berikut:

2.6.1 Schedule Compliance

Schedule Compliance merupakan perbandingan antara aktivitas kerja yang selesai dengan aktivitas kerja yang dijadwalkan. Schedule compliance menunjukkan berapa banyak aktivitas kerja yang dapat selesai sesuai dengan deadline aktivitas. Kegiatan pemeliharaan pada umumnya menggunakan *preventive maintenance* sebagai perhitungan schedule compliance karena *preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang terencana. Semakin tinggi Schedule Compliance, maka kegiatan pemeliharaan semakin baik.

$$\frac{PM\ Task\ Completed}{PM\ Task\ Scheduled} \dots (2.4)$$

2.6.2 Work Orders Efficiency

Work Orders Efficiency merupakan perbandingan antara total Work Requests (WR) dan total Work Order (WO). Work Request merupakan aktivitas kerja berdasarkan permintaan. WR dihasilkan setelah terjadinya kesalahan dan dibutuhkan kegiatan perbaikan yang tidak terencana. WO dihasilkan dari aktivitas kerja pemeliharaan yang terencana.

Semakin kecil Work Orders Efficiency, maka kegiatan pemeliharaan semakin baik.

$$\frac{\text{Total Number of WR Generated}}{\text{Total Number of WO Generated}} \quad \dots (2.5)$$

2.6.3 Work Orders Overdue

Work Orders Overdue merupakan perbandingan jumlah WO yang mengalami keterlambatan durasi selesai dengan jumlah total WO yang dihasilkan. WO yang tidak selesai sesuai jadwal yang direncanakan dapat dilanjutkan atau ditunda proses penyelesaiannya dan dialihkan ke WO yang lain. Semakin kecil nilai Work Orders Overdue, semakin baik kegiatan pemeliharaan yang dilakukan.

$$\frac{\text{Work Orders Overdue}}{\text{Total Work Order}} \quad \dots (2.6)$$

2.6.4 MTBF dan Reliability

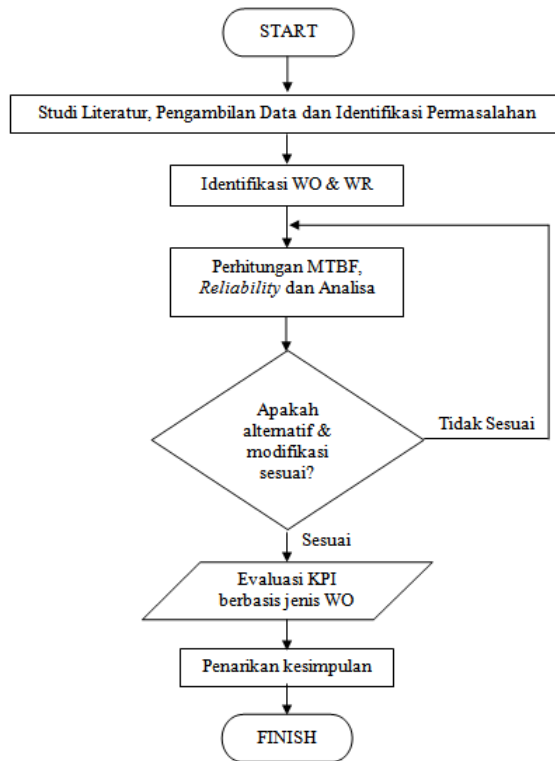
Mean Time Before Failure (MTBF) merupakan waktu rata-rata antar kegagalan yang terjadi. Semakin tinggi nilai MTBF, menunjukkan kemampuan mesin untuk beroperasi dengan waktu yang lebih lama. *Reliability* merupakan indikator kehandalan mesin untuk beroperasi. MTBF dan *Reliability* saling berhubungan dan menjadi indikator utama dalam menentukan apakah sistem pemeliharaan sudah berjalan dengan baik. Semakin tinggi nilai MTBF dan *Reliability*, maka kegiatan pemeliharaan yang dilakukan semakin baik.

$$\frac{\text{Number of Equipment Breakdowns}}{\text{Total Hours in Time Period}} \quad \dots (2.7)$$

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti skema penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir skema penelitian pada gambar 3.1 dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur, Pengambilan Data dan Identifikasi Permasalahan

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan studi literatur untuk mendapatkan pengetahuan dan informasi yang dapat menunjang penelitian baik dari buku, jurnal maupun penelitian sebelumnya mengenai Key Performance Indicator, Maintenance, dan Performance Maintenance. Kegiatan ini dilakukan untuk mencari informasi yang diperlukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Tahap selanjutnya adalah pengambilan data pendukung dalam penelitian yaitu Departemen Pemeliharaan Mesin pada Power Plant 31. Data yang diambil meliputi data historis perawatan berupa work order dari periode 2004-2006. Tahap berikutnya yang dilakukan adalah tahap identifikasi permasalahan yang terjadi pada *rotating equipment* pada Plant 31. Dari hasil identifikasi, didapatkan bahwa diperlukan penentuan alternatif atau modifikasi untuk menghasilkan nilai *Reliability* dan *Availability* yang tinggi.

3.2.2 Identifikasi WO dan WR

WO dan WR yang didapatkan dari data historis perawatan kemudian disortir untuk mempermudah proses identifikasi. Penentuan WO dan WR yang digunakan dalam penelitian ini adalah WO dan WR yang mencakup *rotating equipment* pada Plant 31. Data penting yang dapat diperoleh adalah waktu mulai perawatan dan waktu akhir perawatan. Perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF) kemudian dapat dilakukan.

3.2.3 Perhitungan MTBF

Pada tahap ini dilakukan perhitungan MTBF berdasarkan waktu mulai dan selesai perawatan. Dilakukan perhitungan untuk beberapa *rotating equipment* dan WO. Nilai MTBF didapat dari membagi total jam kerja operasi dengan jumlah total downtime yang terjadi. Nilai MTBF selanjutnya digunakan untuk mencari *failure rate* (λ)

3.2.4 Perhitungan Reliability

Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *Reliability* pada *rotating equipment* yang dianalisa. Nilai *reliability* dapat diperoleh dari persamaan $e^{-\lambda t}$

3.2.5 Analisa Reliability

Pada tahap ini nilai *reliability* yang diperoleh dianalisa dan dilakukan perbandingan nilai R antara WO yang satu dengan yang lain. Dilakukan juga perbandingan nilai R untuk satu *rotating equipment* dengan yang lain. Perbandingan tersebut dilakukan untuk mencari nilai batas ambang minimum yang dikehendaki oleh perusahaan.

3.2.6 Penyusunan Alternatif dan Modifikasi

Pada tahap ini akan menentukan metode pemeliharaan yang tepat pada peralatan yang telah dianalisa dimana peralatan tersebut berpengaruh besar terhadap kegiatan operasional. Setelah itu akan di rekomendasikan kepada perusahaan apakah kegiatan perawatan ini sesuai dengan kondisi perusahaan dan perusahaan akan memberikan *feedback* kepada peneliti.

3.2.7 Evaluasi KPI Berbasis Jenis WO

Tahap ini merupakan tahap evaluasi penentuan nilai Key Performance Indicator yang muncul. Nilai KPI bisa digunakan untuk menilai kondisi suatu perusahaan sehingga

perusahaan dapat memutuskan tindakan apa yang harus dilakukan untuk menyikapi kondisi perusahaan yang dimilikinya.

3.2.8 Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap terakhir pada penelitian Tugas Akhir. Pada tahap ini hasil yang dicapai akan diuraikan setelah melalui proses analisis dan dijadikan sebagai kesimpulan. Selanjutnya akan diberikan rekomendasi berupa daftar kegiatan alternatif dan modifikasi kegiatan pemeliharaan pada *rotating equipment* yang dianalisa.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas mengenai *key performance indicator* (KPI) yang dapat digunakan untuk *rotating equipment* pada *power plant*. Analisa *reliability* dan *schedule compliance* pada peralatan mengacu pada data historis perawatan yang dilakukan (*work order* dan *work request*), serta informasi penunjang lainnya yang didapatkan dari pihak *power plant*. Pengolahan data dilakukan dengan penjadwalan aktivitas WO dan WR, perhitungan *downtime* dan *uptime*, perhitungan MTBF, λ dan *reliability* serta *schedule compliance* untuk aktivitas perawatan yang telah dilakukan.

4.1 Pemilahan *Rotating Equipment* yang akan Dianalisa

Berdasarkan P&ID dan data historis perawatan yang diperoleh dari pihak *power plant*, didapatkan berbagai macam *rotating equipment* pada *plant* tersebut seperti turbin, pompa, kompresor dan fan. Pemilahan *rotating equipment* berikut dilakukan untuk membantu penulis memberi batasan agar analisa yang dilakukan bisa lebih spesifik. Pemilahan dilakukan berdasarkan nilai *Equipment Critical Rate* (ECR) yang didapatkan dari data historis perawatan. Semakin kecil nilai ECR menandakan bahwa peralatan tersebut merupakan peralatan kritis dan sangat berpengaruh pada proses produksi. Peralatan yang akan dianalisa terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 *Rotating Equipment* yang akan dianalisa

| No. | Equip No. | Equip Description | ECR |
|-----|-----------|-----------------------------------|-----|
| 1 | 31-PT-5 | TURBINE, STEAM POWER GENERATOR-5 | 1 |
| 2 | 31-PT-8 | TURBINE, STEAM POWER GENERATOR-8 | 1 |
| 3 | 31-PT-9 | TURBINE, STEAM POWER GENERATOR-9 | 1 |
| 4 | 31-PT-10 | TURBINE, STEAM POWER GENERATOR-10 | 1 |
| 5 | 31-PT-13 | TURBINE, STEAM POWER GENERATOR-13 | 1 |
| 6 | 31-G-114A | PUMP, LUBE OIL PT-9 | 2 |
| 7 | 31-G-114B | PUMP, LUBE OIL PT-9 | 2 |
| 8 | 31-K-6A | FAN, RADIATOR E-5 & E-6 | 2 |
| 9 | 31-K-6B | FAN, RADIATOR E-5 & E-6 | 2 |
| 10 | 31-K-6C | FAN, RADIATOR E-5 & E-6 | 2 |
| 11 | 31-K-8A | COMPRESSOR, STARTING AIR PE-1 | 2 |
| 12 | 31-K-8C | COMPRESSOR, STARTING AIR PE-1 | 2 |

4.2 Prosedur Perhitungan MTBF dan *Reliability*

Perhitungan *Reliability* dilakukan pada masing-masing equipment yang akan dianalisa. Perhitungan dan analisa terhadap nilai *reliability* kemudian digunakan untuk menentukan ambang batas terendah (*minimum threshold*) nilai *reliability* peralatan yang dianalisa. Nilai ambang batas terendah dapat dijadikan salah satu indikator yang digunakan untuk menilai performa sistem perawatan yang telah dijalankan pada peralatan tersebut. Modifikasi dan saran terhadap sistem perawatan selanjutnya dapat diberikan kepada pihak *power plant* untuk meningkatkan nilai *reliability* peralatan agar melebihi nilai ambang batas terendah.

Analisa perhitungan *reliability* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi preventive maintenance dan reactive maintenance sesuai dengan data historis perawatan dalam periode 2004-2006. Tahapan yang dilakukan dalam perhitungan *reliability* dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Penyusunan jadwal aktivitas WO dan WR berdasarkan tanggal mulai dan tanggal selesai perawatan. Penjadwalan aktivitas selanjutnya dapat digunakan untuk memilah aktivitas WO dan WR sesuai dengan periode perawatan yang dilakukan.

2. Perhitungan durasi perawatan (*downtime*) dan total waktu pengoperasian peralatan (*uptime*). Perhitungan *downtime* dapat diketahui dengan selisih tanggal mulai dan tanggal selesai perawatan. Perhitungan total *uptime* dapat diketahui dengan contoh sebagai berikut:

Tabel 4.2 Contoh Perhitungan Total Uptime

| No. | Aktivitas | Tanggal Mulai | Tanggal Selesai | Total Uptime |
|-----|-------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| 1 | Preventive Mtce 3 Month | A | B | TU1=A-0 |
| 2 | Preventive Mtce 3 Month | C | D | TU2=C-B+TU1 |
| 3 | Preventive Mtce 3 Month | E | F | TU3=E-D+TU2 |

Perhitungan total uptime selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung nilai Mean Time Between Failure (MTBF) atau rata-rata waktu antar kerusakan.

3. Perhitungan MTBF digunakan untuk mengetahui nilai λ yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan nilai *reliability*. Perhitungan MTBF dapat diformulasikan dengan:

$$MTBF = \frac{\text{Total Uptime}}{\text{Total Jumlah Breakdown}} \quad \dots (4.1)$$

4. Perhitungan nilai λ diperlukan untuk selanjutnya mencari nilai *reliability*, dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \dots (4.2)$$

5. Perhitungan nilai *reliability* dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R = e^{-\lambda t} \quad \dots (4.3)$$

6. Plot fungsi R yang didapat pada grafik dengan *x-axis* dalam satuan hari dan *y-axis* adalah nilai *reliability*.

4.3 Prosedur Schedule compliance

Schedule compliance merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk melihat performa *planning & scheduling* sistem perawatan. *Schedule compliance* digunakan dalam analisa penelitian ini untuk mengetahui presentase *work order* maupun *work request* yang selesai sesuai jadwal. Nilai *schedule compliance* yang rendah mengindikasikan penjadwalan aktivitas perawatan yang tidak sesuai sehingga selanjutnya dapat dianalisa dan diketahui penyebabnya. Perhitungan nilai *schedule compliance* dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{schedule compliance} = \frac{\text{Aktifitas selesai sesuai jadwal}}{\text{Total aktifitas terjadwal}} \times 100\% \quad \dots (4.4)$$

Planning compliance merupakan indikator yang digunakan untuk melihat presentase perbandingan antara aktivitas yang terjadwal dengan total aktivitas yang ada. *Planning compliance* dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{planning compliance} = \frac{\text{Aktifitas yang terjadwal}}{\text{Total aktifitas}} \times 100\% \quad \dots (4.5)$$

4.4 Analisa dan Pembahasan untuk *Critical Equipment* ECR-1

Berikut merupakan analisa dan pembahasan untuk peralatan dengan nilai ECR-1, meliputi Turbin 31-PT-5, 31-PT-8, 31-PT-9, 31-PT-10 dan 31-PT-13

4.4.1 Turbin Steam Power Generator 31-PT-5

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-5 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3

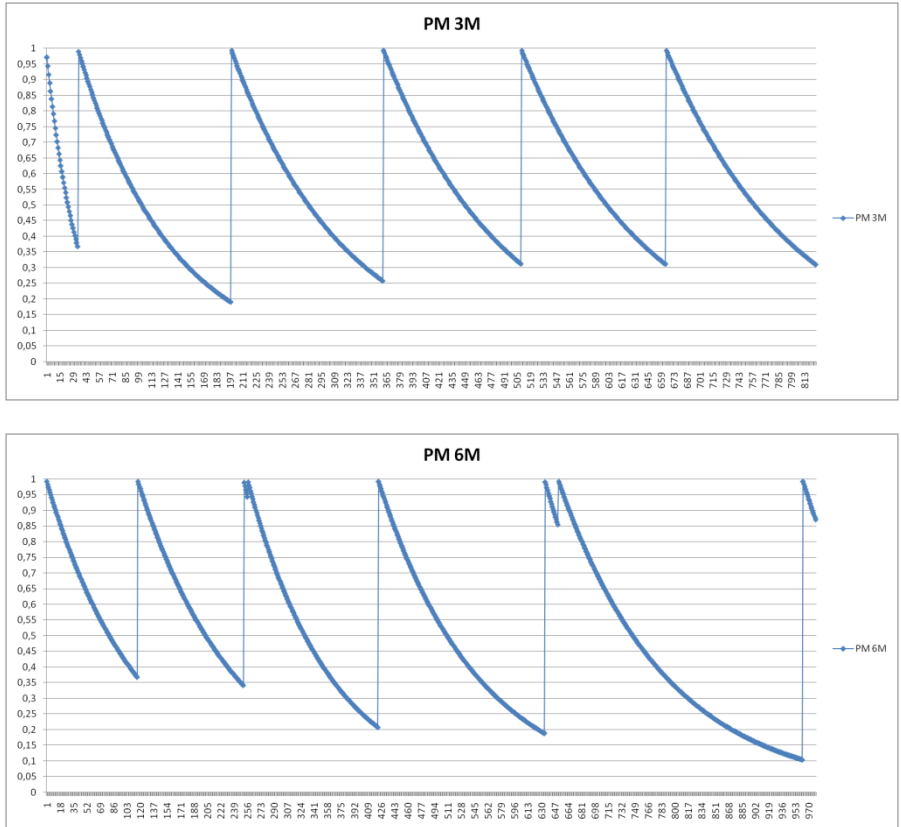
bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.3 Daftar aktivitas perawatan Turbin 31-PT-5

| No. | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|-----|--|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 03/02/2004 | 12/02/2004 | 34 | 34 | 0,029412 |
| 2 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/07/2004 | 16/08/2004 | 198 | 99 | 0,010101 |
| 3 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/01/2005 | 18/02/2005 | 361 | 120,3333 | 0,00831 |
| 4 | MAKE UP L/O RESERVOIR F/31PT-5 (31-D-26) | 21/02/2005 | 01/03/2005 | | | |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/07/2005 | 30/08/2005 | 509 | 127,25 | 0,007859 |
| 6 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 01/02/2006 | 14/02/2006 | 664 | 132,8 | 0,00753 |
| 7 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/07/2006 | 11/08/2006 | 825 | 137,5 | 0,007273 |
| 8 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/04/2005 | 20/12/2005 | 482 | 482 | 0,002075 |
| 9 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/04/2006 | 01/06/2006 | 608 | 304 | 0,003289 |
| 10 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/04/2004 | 29/04/2004 | 116 | 116 | 0,008621 |
| 11 | Cleaning the lub oil system during | 11/09/2004 | 21/10/2004 | 251 | 125,5 | 0,007968 |
| 12 | MAKE UP L/O RESERVOIR 31D-20 | 24/09/2004 | 29/09/2004 | | | |
| 13 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/10/2004 | 11/11/2004 | 256 | 85,33333 | 0,011719 |
| 14 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/04/2005 | 29/04/2005 | 422 | 105,5 | 0,009479 |
| 15 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/11/2005 | 03/12/2005 | 634 | 126,8 | 0,007886 |
| 16 | 31PT-5 : oil reservoir low level. | 20/12/2005 | 21/12/2005 | 651 | 108,5 | 0,009217 |
| 17 | Replace Bladder N2 Accumulator | 22/12/2005 | 24/12/2005 | | | |
| 18 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 31/10/2006 | 08/11/2006 | 962 | 137,4286 | 0,007277 |
| 19 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/11/2006 | 28/12/2006 | 979 | 122,375 | 0,008172 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Turbin PT-5

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Turbin 31-PT-5 untuk periode PM 3M dan PM 6M



1-2 dan 2-3 mencapai 160 hari. Nilai *reliability* yang rendah pada PM 3M terjadi karena jeda perawatan yang tidak sesuai antara jadwal dan deskripsi aktivitas perawatan. Deskripsi aktivitas perawatan menunjukkan aktivitas PM 3M namun jeda antar perawatan mencapai 3 bulan lebih.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Turbin PT-5 mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 14, 15 dan 18. Jeda antar aktivitas nomor 13 dan 14 masih dalam kisaran periode 6 bulan, namun memiliki nilai MTBF rendah yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah breakdown yang terjadi. Meningkatnya jumlah breakdown disebabkan adanya *reactive repair* yang muncul akibat penyelesaian PM yang kurang sempurna. Jeda antar aktivitas 14-15 dan 16-18 melebihi periode waktu 6 bulan, serta meningkatnya jumlah breakdown yang terjadi karena *reactive repair* menyebabkan rendahnya nilai *reliability*.

Tingginya waktu jeda antar perawatan yang melebihi 90 hari menandakan penjadwalan yang kurang tepat pada PM 3M Turbin PT-5. Saran yang dapat diberikan berupa penjadwalan ulang pada PM 3M Turbin PT-5 perlu dilakukan, sehingga waktu jeda antar perawatan sesuai dengan deskripsi aktivitas yang dilakukan. Penjadwalan ulang pada aktivitas 15 dan 18 pada PM 6M Turbin PT-5 juga diperlukan sehingga waktu jeda antar perbaikan tidak melebihi 180 hari. Saran lain yang dapat diberikan adalah memajukan aktivitas nomor 13 guna mencakup *reactive repair* yang terjadi serta menggabungkan aktivitas nomor 18 dan 19 menjadi satu PM 6M.

Analisa Schedule Compliance Turbin PT-5

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-5 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive

maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.4 Daftar aktivitas perawatan terencana Turbin 31-PT-5

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 03/02/2004 | 12/02/2004 | 12/02/2004 | OK |
| 2 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/07/2004 | 16/08/2004 | 16/08/2004 | OK |
| 3 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/01/2005 | 18/02/2005 | 18/02/2005 | OK |
| 4 | MAKE UP L/O RESERVOIR F/31PT-5 | 21/02/2005 | 01/03/2005 | 25/02/2005 | Terlambat |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/07/2005 | 30/08/2005 | 30/08/2005 | OK |
| 6 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 01/02/2006 | 14/02/2006 | 13/02/2006 | Terlambat |
| 7 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/07/2006 | 11/08/2006 | 10/08/2006 | Terlambat |
| 8 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/04/2005 | 20/12/2005 | 31/05/2005 | Terlambat |
| 9 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/04/2006 | 01/06/2006 | 31/05/2006 | Terlambat |
| 10 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/04/2004 | 29/04/2004 | 26/05/2004 | OK |
| 11 | Cleaning the lub oil system during | 11/09/2004 | 21/10/2004 | UNPLANNED | |
| 12 | MAKE UP L/O RESERVOIR 31D-20 | 24/09/2004 | 29/09/2004 | 27/09/2004 | Terlambat |
| 13 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/10/2004 | 11/11/2004 | 11/11/2004 | OK |
| 14 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/04/2005 | 29/04/2005 | 13/05/2005 | OK |
| 15 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/11/2005 | 03/12/2005 | 02/12/2005 | Terlambat |
| 16 | 31PT-5 : oil reservoir low level. | 20/12/2005 | 21/12/2005 | UNPLANNED | |
| 17 | Replace Bladder N2 Accumulator | 22/12/2005 | 24/12/2005 | UNPLANNED | |
| 18 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 31/10/2006 | 08/11/2006 | 07/11/2006 | Terlambat |
| 19 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/11/2006 | 28/12/2006 | 28/12/2006 | OK |

Kolom keterangan pada Tabel 4.4 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$\text{Schedule compliance} = \frac{8}{16} \times 100\% = 50\%$$

$$\text{Planning compliance} = \frac{16}{19} \times 100\% = 84,21\%$$

Nilai *schedule compliance* yang mencapai 50% menunjukkan rendahnya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Keterlambatan yang terjadi meningkatkan durasi downtime dan mengurangi durasi uptime untuk aktivitas perawatan selanjutnya sehingga mempengaruhi nilai *reliability*. Meningkatnya nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan dapat menurunkan nilai availability suatu peralatan.

Keterlambatan perbaikan pada Turbin PT-5 yang signifikan terjadi pada aktivitas nomor 8, PM 1Y, yang mencapai 203 hari. Saran yang dapat diberikan adalah melakukan penutupan pada aktivitas WO dan mengalihkan WO tersebut ke preventive maintenance periode 6 bulan, aktivitas nomor 14, sehingga tidak menurunkan nilai *reliability* dan *schedule compliance* apabila dilakukan perhitungan ulang. Penelusuran lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui penyebab lamanya proses perbaikan.

4.4.2 Turbin Steam Power Generator 31-PT-8

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-8 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

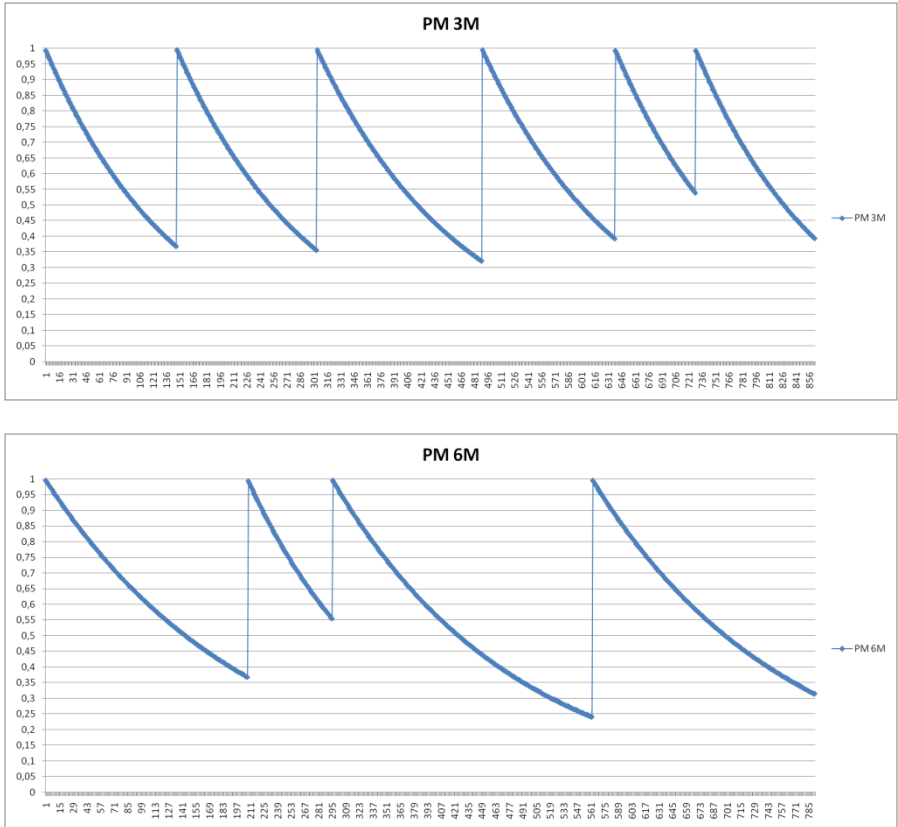
Tabel 4.5 Daftar aktivitas perawatan Turbin 31-PT-8

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|--|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/05/2004 | 25/06/2004 | 147 | 147 | 0,006803 |
| 2 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/11/2004 | 22/12/2004 | 304 | 152 | 0,006579 |
| 3 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/06/2005 | 20/07/2005 | 489 | 163 | 0,006135 |
| 4 | 31-PT-8: I/o reservoir 31-D-35 hanya 60% | 16/12/2005 | 17/12/2005 | | | |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2005 | 29/12/2005 | 638 | 159,5 | 0,00627 |
| 6 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/03/2006 | 17/04/2006 | 728 | 145,6 | 0,006868 |
| 7 | Bearing rack valve timur 31PG-8 stuck | 29/08/2006 | 05/11/2006 | 862 | 143,6667 | 0,006961 |
| 8 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 28/09/2006 | 16/10/2006 | | | |
| 9 | PM 2Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/02/2004 | 18/03/2004 | | | |
| 10 | TEST THE GENERATOR TO MAXIMUM LOAD TEST | 18/01/2005 | 24/06/2005 | 384 | 384 | 0,002604 |
| 11 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 28/03/2005 | 10/05/2005 | | | |
| 12 | bocoran I/o pada GOB 31-PG-8 sangat | 14/05/2005 | 16/06/2005 | | | |
| 13 | 31PG-08 Load stuck at 7 mw | 05/12/2005 | 17/12/2005 | | | |
| 14 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 12/12/2005 | 14/12/2005 | 548 | 274 | 0,00365 |
| 15 | 31-PT-8: I/o reservoir 31-D-35 hanya 60% | 16/12/2005 | 17/12/2005 | | | |
| 16 | Load stuck at 10,5 MW | 07/11/2006 | 29/12/2006 | | | |
| 17 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2006 | 31/01/2007 | 873 | 291 | 0,003436 |
| 18 | TURBINE WON'T MAXIMUM LOAD | 26/07/2004 | 01/10/2004 | 208 | 208 | 0,004808 |
| 19 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/08/2004 | 07/09/2004 | | | |
| 20 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/12/2004 | 03/01/2005 | 295 | 147,5 | 0,00678 |
| 21 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/09/2005 | 12/10/2005 | 562 | 187,3333 | 0,005338 |
| 22 | 31PG-08 max test load 9.4 mw only | 29/05/2006 | 06/07/2006 | | | |
| 23 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 22/06/2006 | 28/07/2006 | 791 | 197,75 | 0,005057 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Turbin

PT-8

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Turbin 31-PT-8 untuk periode PM 3M dan PM 6M



Gambar 4.2 Nilai *Reliability* PM 3M dan PM 6M Turbin PT-8

Berdasarkan Gambar 4.2, untuk PM 3M Turbin PT-8 terdiri dari 6 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* terendah mencapai angka 0,32 pada aktivitas perawatan nomor 3, namun nilai *reliability* tersebut masih dalam batas wajar dan di

atas *minimum treshold*. Durasi jeda antar aktivitas perawatan pada PM 3M melebihi waktu 90 hari dan tidak sesuai antara jadwal dan deskripsi aktivitas perawatan. Deskripsi aktivitas perawatan menunjukkan aktivitas PM 3M namun jeda antar perawatan mencapai 3 bulan lebih.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Turbin PT-5 mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 21. Nilai *reliability* yang rendah ini disebabkan jeda antar aktivitas nomor 20 dan 21 mencapai 267 hari dan melebihi kisaran periode 6 bulan.

Tingginya waktu jeda antar perawatan yang melebihi 90 hari menandakan penjadwalan yang kurang tepat pada PM 3M Turbin PT-8. Saran yang dapat diberikan berupa penjadwalan ulang pada PM 3M Turbin PT-8 perlu dilakukan, sehingga waktu jeda antar perawatan sesuai dengan deskripsi aktivitas yang dilakukan. Penjadwalan ulang pada PM 6M dapat diberlakukan pada aktivitas nomor 21 sehingga waktu jeda antar perbaikan berada di kisaran 6 bulan.

Analisa Schedule Compliance Turbin PT-8

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-8 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.6 Daftar aktivitas perawatan terencana Turbin 31-PT-8

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|--|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/05/2004 | 25/06/2004 | 24/06/2004 | Terlambat |
| 2 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/11/2004 | 22/12/2004 | 22/12/2004 | OK |
| 3 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/06/2005 | 20/07/2005 | 20/07/2005 | OK |
| 4 | 31-PT-8: I/o reservoir 31-D-35 hanya 60% | 16/12/2005 | 17/12/2005 | UNPLANNED | |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2005 | 29/12/2005 | 06/01/2006 | OK |
| 6 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/03/2006 | 17/04/2006 | 15/04/2006 | Terlambat |
| 7 | Bearing rack valve timur 31PG-8 stuck | 29/08/2006 | 05/11/2006 | UNPLANNED | |
| 8 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 28/09/2006 | 16/10/2006 | 13/10/2006 | Terlambat |
| 9 | PM 2Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/02/2004 | 18/03/2004 | 18/03/2004 | OK |
| 10 | TEST THE GENERATOR TO MAXIMUM LOAD TEST | 18/01/2005 | 24/06/2005 | 19/01/2005 | Terlambat |
| 11 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 28/03/2005 | 10/05/2005 | 10/05/2005 | OK |
| 12 | bocoran I/o pada GOB 31-PG-8 sangat | 14/05/2005 | 16/06/2005 | UNPLANNED | |
| 13 | 31PG-08 Load stuck at 7 mw | 05/12/2005 | 17/12/2005 | UNPLANNED | |
| 14 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 12/12/2005 | 14/12/2005 | 13/12/2005 | Terlambat |
| 15 | 31-PT-8: I/o reservoir 31-D-35 hanya 60% | 16/12/2005 | 17/12/2005 | UNPLANNED | |
| 16 | Load stuck at 10,5 MW | 07/11/2006 | 29/12/2006 | 07/11/2006 | Terlambat |
| 17 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2006 | 31/01/2007 | 22/01/2007 | Terlambat |
| 18 | TURBINE WON'T MAXIMUM LOAD | 26/07/2004 | 01/10/2004 | 27/07/2004 | Terlambat |
| 19 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/08/2004 | 07/09/2004 | 07/09/2004 | OK |
| 20 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/12/2004 | 03/01/2005 | 03/01/2005 | OK |
| 21 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/09/2005 | 12/10/2005 | 11/10/2005 | Terlambat |
| 22 | 31PG-08 max test load 9.4 mw only | 29/05/2006 | 06/07/2006 | UNPLANNED | |
| 23 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 22/06/2006 | 28/07/2006 | 27/07/2006 | Terlambat |

Kolom keterangan pada Tabel 4.6 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$\text{Schedule compliance} = \frac{7}{17} \times 100\% = 41,17\%$$

$$\text{Planning compliance} = \frac{17}{23} \times 100\% = 73,91\%$$

Nilai schedule compliance yang mencapai 41,17% menunjukkan rendahnya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Keterlambatan yang terjadi

meningkatkan durasi downtime dan mengurangi durasi uptime untuk aktivitas perawatan selanjutnya sehingga mempengaruhi nilai *reliability*. Meningkatnya nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan dapat menurunkan nilai availability suatu peralatan.

Keterlambatan perbaikan pada Turbin PT-8 yang signifikan terjadi pada aktivitas nomor 10, 16 dan 18. Saran yang dapat diberikan adalah menghilangkan rencana waktu selesai pada aktivitas nomor 10, 16 dan 18 yang merupakan aktivitas pengujian karena membutuhkan perkiraan waktu yang baik. Penghilangan rencana waktu selesai tidak menurunkan nilai schedule compliance apabila dilakukan perhitungan ulang. Saran lain yang dapat dilakukan adalah penyediaan suku cadang dan sumber daya manusia yang cukup serta penelusuran lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui penyebab lamanya proses perbaikan.

4.4.3 Turbin Steam Power Generator 31-PT-9

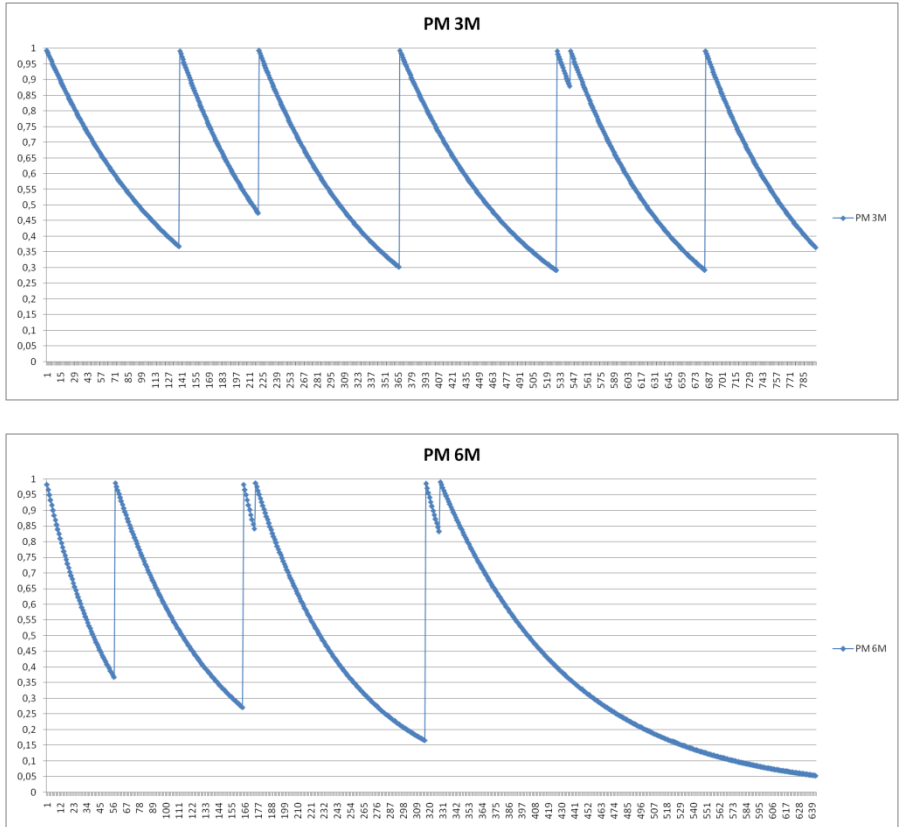
Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-9 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.7 Daftar aktivitas perawatan Turbin 31-PT-9

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|--|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/05/2004 | 25/06/2004 | 147 | 147 | 0,006803 |
| 2 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/11/2004 | 22/12/2004 | 304 | 152 | 0,006579 |
| 3 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/06/2005 | 20/07/2005 | 489 | 163 | 0,006135 |
| 4 | 31-PT-8: I/o reservoir 31-D-35 hanya 60% | 16/12/2005 | 17/12/2005 | | | |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2005 | 29/12/2005 | 638 | 159,5 | 0,00627 |
| 6 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/03/2006 | 17/04/2006 | 728 | 145,6 | 0,006868 |
| 7 | Bearing rack valve timur 31PG-8 stuck | 29/08/2006 | 05/11/2006 | 862 | 143,6667 | 0,006961 |
| 8 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 28/09/2006 | 16/10/2006 | | | |
| 9 | PM 2Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/02/2004 | 18/03/2004 | | | |
| 10 | TEST THE GENERATOR TO MAXIMUM LOAD TEST | 18/01/2005 | 24/06/2005 | 384 | 384 | 0,002604 |
| 11 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 28/03/2005 | 10/05/2005 | | | |
| 12 | bocoran I/o pada GOB 31-PG-8 sangat | 14/05/2005 | 16/06/2005 | | | |
| 13 | 31PG-08 Load stuck at 7 mw | 05/12/2005 | 17/12/2005 | | | |
| 14 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 12/12/2005 | 14/12/2005 | 548 | 274 | 0,00365 |
| 15 | 31-PT-8: I/o reservoir 31-D-35 hanya 60% | 16/12/2005 | 17/12/2005 | | | |
| 16 | Load stuck at 10,5 MW | 07/11/2006 | 29/12/2006 | | | |
| 17 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2006 | 31/01/2007 | 873 | 291 | 0,003436 |
| 18 | TURBINE WON'T MAXIMUM LOAD | 26/07/2004 | 01/10/2004 | 208 | 208 | 0,004808 |
| 19 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/08/2004 | 07/09/2004 | | | |
| 20 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/12/2004 | 03/01/2005 | 295 | 147,5 | 0,00678 |
| 21 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/09/2005 | 12/10/2005 | 562 | 187,3333 | 0,005338 |
| 22 | 31PG-08 max test load 9.4 mw only | 29/05/2006 | 06/07/2006 | | | |
| 23 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 22/06/2006 | 28/07/2006 | 791 | 197,75 | 0,005057 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Turbin PT-9

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Turbin 31-PT-9 untuk periode PM 3M dan PM 6M



Gambar 4.3 Nilai *Reliability* PM 3M dan PM 6M Turbin PT-9

Berdasarkan Gambar 4.3, untuk PM 3M Turbin PT-9 terdiri dari 6 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 6, 8 dan 10. Hal ini terjadi karena durasi jeda antar aktivitas perawatan

melebihi 100 hari. Nilai *reliability* yang rendah pada PM 3M terjadi karena jeda perawatan yang tidak sesuai antara jadwal dan deskripsi aktivitas perawatan. Deskripsi aktivitas perawatan menunjukkan aktivitas PM 3M namun jeda antar perawatan mencapai 3 bulan lebih.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Turbin PT-9 mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 19, 24 dan 26. Rendahnya nilai *reliability* PM 6M PT-9 disebabkan nilai MTBF yang rendah. Nilai MTBF yang rendah dipengaruhi oleh uptime yang rendah dan meningkatnya jumlah breakdown yang terjadi. Jeda antara aktivitas 25 dan 26 mencapai 300 hari dan melebihi periode waktu 6 bulan menyebabkan rendahnya nilai *reliability*.

PM 3M Turbin PT-9 memiliki nilai *reliability* di kisaran 0,3. Tingginya waktu jeda antar perawatan yang melebihi 90 hari pada aktivitas 1, 6, 9 dan 10 menandakan penjadwalan yang kurang tepat pada PM 3M Turbin PT-5. Saran yang dapat diberikan berupa penjadwalan ulang PM 3M pada aktivitas 1, 6, dan 10 perlu dilakukan, sehingga waktu jeda antar perawatan sesuai dengan deskripsi aktivitas yang dilakukan. Memajukan jadwal aktivitas PM nomor 9 ke nomor 8 juga dapat dilakukan. Banyaknya reactive repair yang muncul pada PM 6M perlu di atasi dengan baik guna meningkatkan uptime dan nilai MTBF. Penjadwalan ulang pada aktivitas 26 diperlukan karena jeda waktu antar aktivitas mencapai 300 hari sehingga nilai *reliability* sangat rendah.

Analisa Schedule Compliance Turbin PT-9

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-9 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.8 Daftar aktivitas perawatan terencana Turbin 31-PT-9

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|--|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM TURBINE, STEAM POWER GEN. (PR:1569) | 17/05/2004 | 02/08/2004 | UNPLANNED | |
| 2 | MAKE UP L/O RESERVOIR TO NORMAL LEVEL | 13/07/2004 | 05/08/2004 | UNPLANNED | |
| 3 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/07/2004 | 05/08/2004 | 05/08/2004 | OK |
| 4 | please make up L/O to reservoir tank | 26/10/2004 | 12/11/2004 | UNPLANNED | |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/11/2004 | 08/12/2004 | 08/12/2004 | OK |
| 6 | RESETING ACTUATOR RACK VALVE | 03/05/2005 | 22/07/2005 | UNPLANNED | |
| 7 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/05/2005 | 17/06/2005 | 17/06/2005 | OK |
| 8 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/11/2005 | 20/12/2005 | 20/12/2005 | OK |
| 9 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX OPER LEVEL | 03/01/2006 | 06/01/2006 | UNPLANNED | |
| 10 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/05/2006 | 28/06/2006 | 28/06/2006 | OK |
| 11 | Di TOB & TIB 31PG-9 ada bocoran oli | 05/06/2006 | 02/08/2006 | UNPLANNED | |
| 12 | Need to make up LO at reservoir tank | 19/07/2006 | 25/07/2006 | UNPLANNED | |
| 13 | Make up lub oil reservoir of 31PT-09 | 21/07/2006 | 25/07/2006 | UNPLANNED | |
| 14 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/11/2006 | 28/12/2006 | 28/12/2006 | OK |
| 15 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/08/2005 | 15/09/2005 | 15/09/2005 | OK |
| 16 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 31/08/2006 | 05/09/2006 | 05/09/2006 | OK |
| 17 | load swing of 31PT-09 (505 Governor) | 26/02/2004 | 12/05/2004 | UNPLANNED | |
| 18 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 31/03/2004 | 26/04/2004 | 26/04/2004 | OK |
| 19 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/08/2004 | 30/08/2004 | 10/09/2004 | OK |
| 20 | REPAIR 31-PT-9 BECAUSE HUNTING & LEAK | 09/09/2004 | 07/10/2004 | UNPLANNED | |
| 21 | REPAIR 31-PT-9 LOAD SWING PROBLEM | 14/09/2004 | 07/10/2004 | UNPLANNED | |
| 22 | REPAIR GOV. & CONT.VALVE SECTION | 14/09/2004 | 30/09/2004 | UNPLANNED | |
| 23 | REPAIR RACK GEAR & VALVE STEM 31-PT-9 | 15/09/2004 | 07/10/2004 | UNPLANNED | |
| 24 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/02/2005 | 18/03/2005 | 18/03/2005 | OK |
| 25 | MAKE UP L/O 31-PT-9 RECERVOIR | 30/03/2005 | 06/04/2005 | UNPLANNED | |
| 26 | Please regreasing Rack Valve of turbine | 14/02/2006 | 07/04/2006 | UNPLANNED | |
| 27 | SETTING CLEARENCE RACK VALVE 31PT-9 | 01/03/2006 | 09/03/2006 | UNPLANNED | |

| | | | | | |
|----|------------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| 28 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 03/03/2006 | 26/04/2006 | 24/04/2006 | Terlambat |
| 29 | Make up L/O reservoir 31PG-9 | 28/03/2006 | 03/04/2006 | UNPLANNED | |

Kolom keterangan pada Tabel 4.8 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$\text{Schedule compliance} = \frac{11}{12} \times 100\% = 91,67\%$$

$$\text{Planning compliance} = \frac{12}{29} \times 100\% = 41,38\%$$

Nilai schedule compliance yang mencapai 91,67% menunjukkan baiknya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Tingginya nilai schedule compliance menunjukkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan yang tinggi. Keterlambatan perbaikan pada Turbin PT-8 hanya terjadi pada aktivitas nomor 28 dimana keterlambatan terjadi 2 hari dan dapat ditolerir. Nilai schedule compliance yang tinggi juga dikarenakan tidak mencantumkan planned date untuk reactive repair.

4.4.4 Turbin Steam Power Generator 31-PT-10

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-10 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

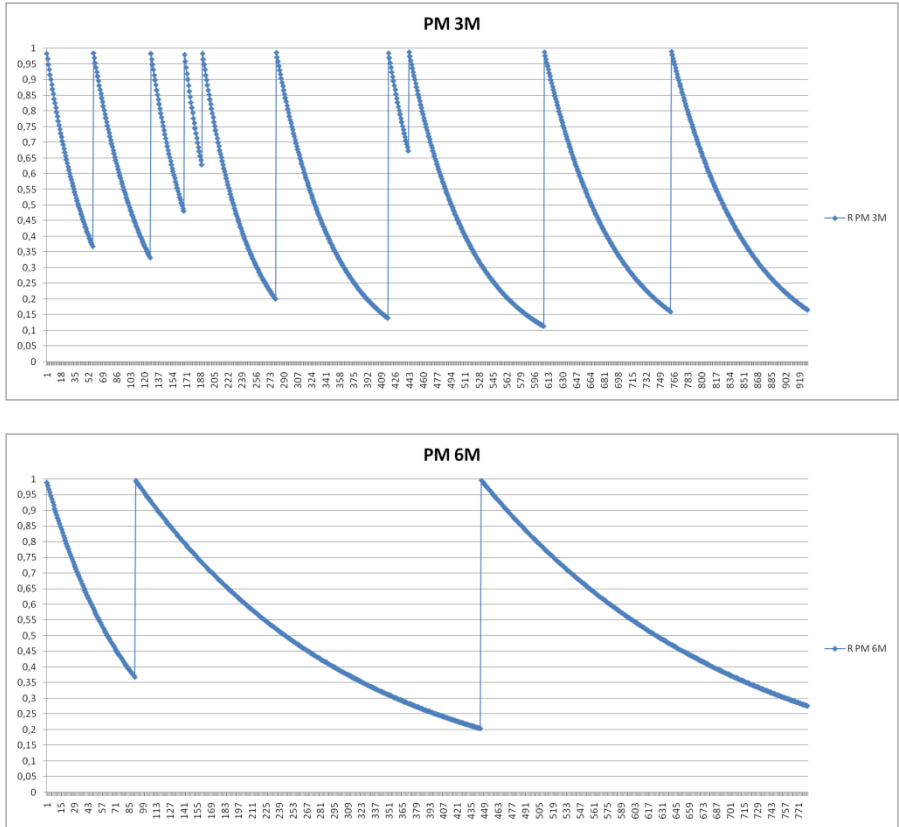
Tabel 4.9 Daftar aktivitas perawatan Turbin 31-PT-10

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|---|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 26/02/2004 | 17/03/2004 | 57 | 57 | 0,017544 |
| 2 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 26/05/2004 | 17/06/2004 | 127 | 63,5 | 0,015748 |
| 3 | RACK VALVE INLET TURBINE STUCK OPEN | 28/07/2004 | 05/08/2004 | 168 | 56 | 0,017857 |
| 4 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 27/08/2004 | 28/09/2004 | 190 | 47,5 | 0,021053 |
| 5 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 27/12/2004 | 10/01/2005 | 280 | 56 | 0,017857 |
| 6 | INSPECT & REPAIR ACCUMULATOR L/O SYSTEM | 27/05/2005 | 31/05/2005 | 417 | 69,5 | 0,014388 |
| 7 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 25/06/2005 | 13/07/2005 | 442 | 63,14286 | 0,015837 |
| 8 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 25/12/2005 | 18/01/2006 | 607 | 75,875 | 0,01318 |
| 9 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX OPER. LEVEL | 03/01/2006 | 06/01/2006 | | | |
| 10 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 22/06/2006 | 11/07/2006 | 762 | 84,66667 | 0,011811 |
| 11 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 25/12/2006 | 24/01/2007 | 929 | 92,9 | 0,010764 |
| 12 | PM 2Y TRBN, STMPWR GEN'TOR. | 27/09/2004 | 28/10/2004 | 271 | 271 | 0,00369 |
| 13 | please make up L/O to reservoir tank | 26/10/2004 | 03/11/2004 | | | |
| 14 | PM 1Y TRBN, STMPWR GEN'TOR | 27/09/2005 | 17/10/2005 | 636 | 636 | 0,001572 |
| 15 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX OPER LEVEL | 06/10/2005 | 11/10/2005 | | | |
| 16 | PM 1Y TRBN, STMPWR GEN'TOR | 29/09/2006 | 26/10/2006 | 983 | 491,5 | 0,002035 |
| 17 | PM 6M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 31/03/2004 | 08/04/2004 | 91 | 91 | 0,010989 |
| 18 | Please make oil to normal level. | 01/04/2004 | 15/04/2004 | | | |
| 19 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 28/03/2005 | 28/04/2005 | 445 | 222,5 | 0,004494 |
| 20 | MAKE UP L/O 31-PT-10 RECERVOIR | 30/03/2005 | 06/04/2005 | | | |
| 21 | MAKE UP N2 TO GREER ACCUMULATOR | 19/04/2005 | 27/04/2005 | | | |
| 22 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 29/03/2006 | 20/04/2006 | 780 | 260 | 0,003846 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Turbin

PT-10

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Turbin 31-PT-10 untuk periode PM 3M dan PM 6M



Gambar 4.4 Nilai *Reliability* PM 3M dan PM 6M Turbin PT-10

Berdasarkan Gambar 4.4, untuk PM 3M Turbin PT-10 terdiri dari 10 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 5, 6, 8, 10 dan 11. Hal ini terjadi karena nilai MTBF pada aktivitas 5 dan

6 terlalu rendah. Durasi jeda antar aktivitas 4-5, 5-6, 7-8, 9-10 dan 10-11 mencapai 100 hari lebih. Nilai *reliability* yang rendah pada PM 3M terjadi karena jeda perawatan yang tidak sesuai antara jadwal dan deskripsi aktivitas perawatan. Deskripsi aktivitas perawatan menunjukkan aktivitas PM 3M namun jeda antar perawatan mencapai 3 bulan lebih.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Turbin PT-10 mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 19, dan 22. Rendahnya nilai *reliability* PM 6M PT-10 disebabkan durasi jeda antar perawatan 17-19 dan 19-22 yang terlalu jauh mencapai 300 hari dan melebihi periode waktu 6 bulan.

PM 3M Turbin PT-10 memiliki nilai *reliability* yang relatif rendah dan lebih kecil dari 0,3. Munculnya 2 aktivitas reactive repair pada aktivitas nomor 3 dan 6 menyebabkan turunnya nilai uptime dan MTBF. Saran yang dapat diberikan adalah penyesuaian jadwal untuk aktivitas 7, 8, 10 dan 11 agar sesuai dengan deskripsi aktivitas yaitu PM 3M. Penjadwalan ulang juga diperlukan pada aktivitas PM 6M nomor 19 dan 22 karena jeda waktu yang terlalu jauh.

Analisa Schedule Compliance Turbin PT-10

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-10 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.10 Daftar aktivitas perawatan terencana Turbin 31-PT-10

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|--|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/02/2004 | 17/03/2004 | 17/03/2004 | OK |
| 2 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 26/05/2004 | 17/06/2004 | 17/06/2004 | OK |
| 3 | RACK VALVE INLET TURBINE STUCK OPEN | 28/07/2004 | 05/08/2004 | UNPLANNED | |
| 4 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/08/2004 | 28/09/2004 | 27/09/2004 | Terlambat |
| 5 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/12/2004 | 10/01/2005 | 10/01/2005 | OK |
| 6 | iNSPECT & REPAIR ACCUMULATOR L/O SYSTEM | 27/05/2005 | 31/05/2005 | UNPLANNED | |
| 7 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/06/2005 | 13/07/2005 | 13/07/2005 | OK |
| 8 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2005 | 18/01/2006 | 18/01/2006 | OK |
| 9 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX OPER.LEVEL | 03/01/2006 | 06/01/2006 | UNPLANNED | |
| 10 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 22/06/2006 | 11/07/2006 | 11/07/2006 | OK |
| 11 | PM 3M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 25/12/2006 | 24/01/2007 | 24/01/2007 | OK |
| 12 | PM 2Y TRBN, STM PWR GEN'TOR. | 27/09/2004 | 28/10/2004 | 06/11/2004 | OK |
| 13 | please make up L/O to reservoir tank | 26/10/2004 | 03/11/2004 | UNPLANNED | |
| 14 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 27/09/2005 | 17/10/2005 | 17/10/2005 | OK |
| 15 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX OPER LEVEL | 06/10/2005 | 11/10/2005 | UNPLANNED | |
| 16 | PM 1Y TRBN, STM PWR GEN'TOR | 29/09/2006 | 26/10/2006 | 26/10/2006 | OK |
| 17 | PM 6M TRBN, STM PWR GEN'TOR | 31/03/2004 | 08/04/2004 | 08/04/2004 | OK |
| 18 | Please make oil to normal level. | 01/04/2004 | 15/04/2004 | 07/04/2004 | Terlambat |
| 19 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 28/03/2005 | 28/04/2005 | 28/04/2005 | OK |
| 20 | MAKE UP L/O 31-PT-10 RECERVOIR | 30/03/2005 | 06/04/2005 | UNPLANNED | |
| 21 | MAKE UP N2 TO GREER ACCUMULATOR | 19/04/2005 | 27/04/2005 | UNPLANNED | |
| 22 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 29/03/2006 | 20/04/2006 | 20/04/2006 | OK |

Kolom keterangan pada Tabel 4.10 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$Schedule\ compliance = \frac{13}{15} \times 100\% = 86,67\%$$

$$Planning\ compliance = \frac{15}{22} \times 100\% = 68,18\%$$

Nilai schedule compliance yang mencapai 86,67% menunjukkan baiknya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Tingginya nilai schedule compliance menunjukkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan yang tinggi. Keterlambatan perbaikan pada Turbin PT-10 hanya terjadi pada aktivitas nomor 18 dimana keterlambatan terjadi 8 hari. Saran yang dapat diberikan adalah perencanaan waktu penyelesaian yang baik terhadap reactive repair.

4.4.5 Turbin Steam Power Generator 31-PT-13

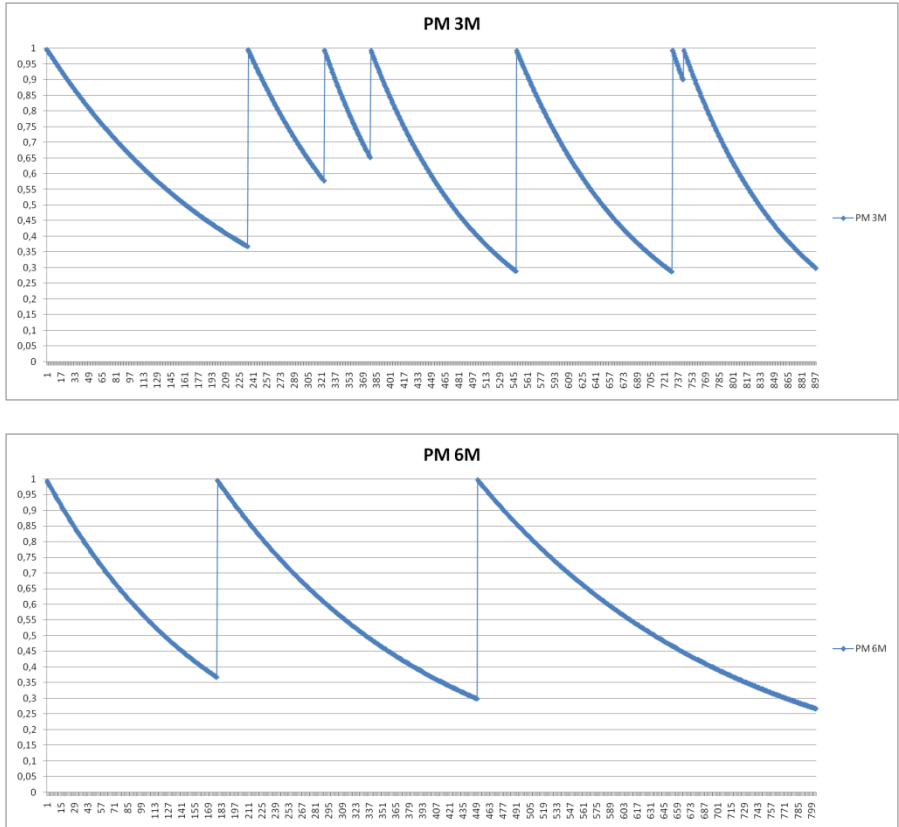
Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-13 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.11 Daftar aktivitas perawatan Turbin 31-PT-13

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|-------------------------------------|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | FLANGE TTV 31PT-13 LEAK | 22/08/2004 | 25/08/2004 | | | |
| 2 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 27/08/2004 | 01/09/2004 | 235 | 235 | 0,004255 |
| 3 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 29/11/2004 | 03/12/2004 | 324 | 162 | 0,006173 |
| 4 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 26/01/2005 | 07/02/2005 | 378 | 126 | 0,007937 |
| 5 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 27/07/2005 | 05/08/2005 | 548 | 137 | 0,007299 |
| 6 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 03/02/2006 | 21/02/2006 | 730 | 146 | 0,006849 |
| 7 | Install cover of turbine 31PT-13 | 06/03/2006 | 07/03/2006 | 743 | 123,8333 | 0,008075 |
| 8 | PM 3M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 26/07/2006 | 10/08/2006 | 898 | 128,2857 | 0,007795 |
| 9 | PM 2Y TRBN, STMPWR GEN'TOR. | 03/02/2004 | 25/05/2004 | | | |
| 10 | PM 1Y TRBN, STMPWR GEN'TOR | 25/10/2005 | 08/11/2005 | 664 | 664 | 0,001506 |
| 11 | PM 1Y TRBN, STMPWR GEN'TOR | 01/11/2006 | 13/11/2006 | 1022 | 511 | 0,001957 |
| 12 | PM 6M TRBN, STMPWR GEN'TOR | 26/06/2004 | 21/07/2004 | 178 | 178 | 0,005618 |
| 13 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX LEVEL | 19/04/2005 | 27/04/2005 | | | |
| 14 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 26/04/2005 | 06/05/2005 | 450 | 225 | 0,004444 |
| 15 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 25/04/2006 | 29/05/2006 | 804 | 268 | 0,003731 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Turbin PT-13

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Turbin 31-PT-13 untuk periode PM 3M dan PM 6M



Gambar 4.5 Nilai *Reliability* PM 3M dan PM 6M Turbin PT-13

Berdasarkan Gambar 4.5, untuk PM 3M Turbin PT-13 terdiri dari 7 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 5, 6, dan 8. Hal ini terjadi karena waktu jeda antar perawatan melebihi 150

hari sehingga tidak sesuai antara jadwal dan deskripsi aktivitas perawatan. Deskripsi aktivitas perawatan menunjukkan aktivitas PM 3M namun jeda antar perawatan mencapai 3 bulan lebih.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Turbin PT-13 mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 14, dan 15. Rendahnya nilai *reliability* PM 6M PT-13 disebabkan durasi jeda antar perawatan 12-14 dan 14-15 yang terlalu jauh mencapai 270 hari dan melebihi periode waktu 6 bulan.

PM 3M Turbin PT-13 memiliki nilai *reliability* yang bisa dibilang baik karena masih berada di sekitar 0,3. Saran yang dapat diberikan adalah penyesuaian jadwal untuk aktivitas 2, 5, 6 dan 8 agar sesuai dengan deskripsi aktivitas yaitu PM 3M. Penjadwalan ulang juga diperlukan pada aktivitas PM 6M nomor 14 dan 15 karena jeda waktu yang terlalu jauh.

Analisa Schedule Compliance Turbin PT-13

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Turbin 31-PT-13 disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.12 Daftar aktivitas perawatan terencana Turbin 31-PT-13

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | FLANGE TTV 31PT-13 LEAK | 26/02/2004 | 17/03/2004 | 17/03/2004 | OK |
| 2 | PM 3M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 26/05/2004 | 17/06/2004 | 17/06/2004 | OK |
| 3 | PM 3M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 28/07/2004 | 05/08/2004 | UNPLANNED | |
| 4 | PM 3M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 27/08/2004 | 28/09/2004 | 27/09/2004 | Terlambat |
| 5 | PM 3M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 27/12/2004 | 10/01/2005 | 10/01/2005 | OK |
| 6 | PM 3M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 27/05/2005 | 31/05/2005 | UNPLANNED | |
| 7 | Install cover of turbine 31PT-13 | 25/06/2005 | 13/07/2005 | 13/07/2005 | OK |
| 8 | PM 3M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 25/12/2005 | 18/01/2006 | 18/01/2006 | OK |
| 9 | PM 2Y TRBN, STMP PWR GEN'TOR. | 03/01/2006 | 06/01/2006 | UNPLANNED | |
| 10 | PM 1Y TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 22/06/2006 | 11/07/2006 | 11/07/2006 | OK |
| 11 | PM 1Y TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 25/12/2006 | 24/01/2007 | 24/01/2007 | OK |
| 12 | PM 6M TRBN, STMP PWR GEN'TOR | 27/09/2004 | 28/10/2004 | 06/11/2004 | OK |
| 13 | MAKE UP L/O RESVR TANK TO MAX LEVEL | 26/10/2004 | 03/11/2004 | UNPLANNED | |
| 14 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 27/09/2005 | 17/10/2005 | 17/10/2005 | OK |
| 15 | PM 6M TM-25 ACTUATOR OIL FTR | 06/10/2005 | 11/10/2005 | UNPLANNED | |

Kolom keterangan pada Tabel 4.12 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$\text{Schedule compliance} = \frac{9}{10} \times 100\% = 90\%$$

$$\text{Planning compliance} = \frac{10}{15} \times 100\% = 66,67\%$$

Nilai schedule compliance yang mencapai 90% menunjukkan baiknya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Tingginya nilai schedule compliance menunjukkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan yang tinggi. Keterlambatan perbaikan pada Turbin PT-13 hanya terjadi pada aktivitas nomor 4 dimana keterlambatan terjadi 1

hari dan masih bisa ditolerir. Saran yang dapat diberikan adalah pemberian *planned finish date* untuk aktivitas nomor 3, 6, 9 dan 15 karena masih merupakan aktivitas pemeliharaan terencana.

4.5 Analisa dan Pembahasan untuk *Critical Equipment* ECR-2

Berikut merupakan analisa dan pembahasan untuk peralatan dengan nilai ECR-2, meliputi Pompa 31-G-114A & 114B, Fan 31-K-6A, 6B & 6C, Kompresor 31-K-8A & 8C.

4.5.1 Pompa Lubrikasi 31-G-114A & 114B

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Pompa Lubrikasi G-114A & 114B disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

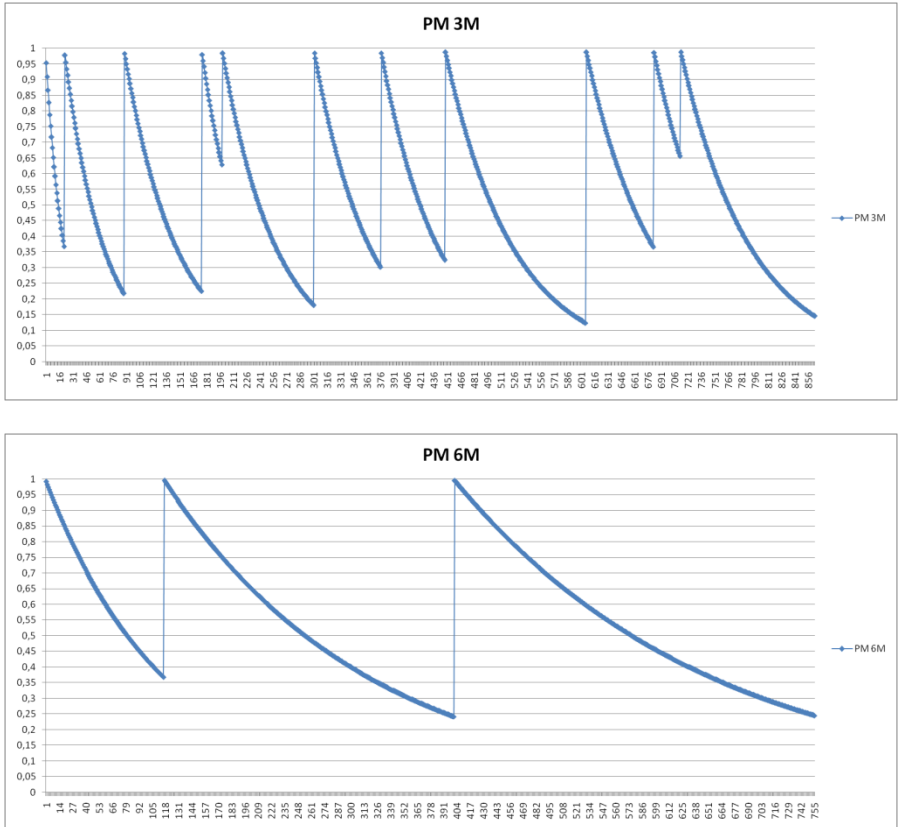
Tabel 4.13 Daftar aktivitas perawatan Pompa G-114A & 114B

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|--|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 21/01/2004 | 23/01/2004 | 21 | 21 | 0,047619 |
| 2 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 30/03/2004 | 31/03/2004 | 88 | 44 | 0,022727 |
| 3 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 26/06/2004 | 02/07/2004 | 175 | 58,33333 | 0,017143 |
| 4 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 25/07/2004 | 18/08/2004 | 198 | 49,5 | 0,020202 |
| 5 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 29/11/2004 | 13/12/2004 | 301 | 60,2 | 0,016611 |
| 6 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 26/02/2005 | 18/03/2005 | 376 | 62,66667 | 0,015957 |
| 7 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 29/05/2005 | 22/06/2005 | 448 | 64 | 0,015625 |
| 8 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 27/11/2005 | 20/12/2005 | 606 | 75,75 | 0,013201 |
| 9 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 06/03/2006 | 26/04/2006 | 682 | 75,77778 | 0,013196 |
| 10 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 26/05/2006 | 27/06/2006 | 712 | 71,2 | 0,014045 |
| 11 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 25/11/2006 | 28/12/2006 | 863 | 78,45455 | 0,012746 |
| 12 | PM 6M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 25/04/2004 | 17/05/2004 | 116 | 116 | 0,008621 |
| 13 | PM 6M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 26/02/2005 | 17/03/2005 | 401 | 200,5 | 0,004988 |
| 14 | PM 6M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 06/03/2006 | 26/04/2006 | 755 | 251,6667 | 0,003974 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Pompa

G-114

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Pompa G-114A & 114B untuk periode PM 3M dan PM 6M



Gambar 4.6 Nilai *Reliability* PM 3M dan PM 6M Pompa G-114AB

Berdasarkan Gambar 4.6, untuk PM 3M Pompa G-114AB terdiri dari 11 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 2, 3, 5, 8 dan 11. Hal ini terjadi karena rendahnya nilai MTBF

pada aktivitas nomor 2, 3 dan 5. Jeda perawatan yang tidak sesuai dengan deskripsi aktivitas juga terjadi pada akrifitas nomor 8 dan 11. Jeda waktu antar perawatan yang terjadi mencapai 150 hari dan melebihi periode 3 bulanan.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Pompa G-114AB mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 13 dan 14. Jeda antar aktivitas perawatan kembali menunjukkan nilai yang terlalu tinggi hingga mencapai hampir 1 tahun. Jeda yang terlalu panjang tersebut mengakibatkan nilai *reliability* yang merosot turun.

Tingginya waktu jeda antar perawatan yang melebihi kisaran 90 hari menandakan penjadwalan yang kurang tepat pada PM 3M Pompa G-114AB. Saran yang dapat diberikan berupa penjadwalan ulang pada PM 3M Pompa G-114AB untuk aktivitas nomor 8 dan 11 perlu dilakukan, sehingga waktu jeda antar perawatan sesuai dengan deskripsi aktivitas yang dilakukan. Penjadwalan ulang pada aktivitas 13 dan 14 pada PM 6M Turbin PT-5 juga diperlukan sehingga waktu jeda antar perbaikan tidak melebihi kisaran 180 hari. Pompa G-114AB sendiri merupakan pompa lubrikasi yang bekerja secara bergantian saat terjadi repair pada salah satu peralatan.

Analisa Schedule Compliance Pompa G-114

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Pompa G-114AB disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.14 Daftar aktivitas perawatan terencana Pompa G-114AB

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|--|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 21/01/2004 | 23/01/2004 | 23/01/2004 | OK |
| 2 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 30/03/2004 | 31/03/2004 | 31/03/2004 | OK |
| 3 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 26/06/2004 | 02/07/2004 | 02/07/2004 | OK |
| 4 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 25/07/2004 | 18/08/2004 | 19/08/2004 | OK |
| 5 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 29/11/2004 | 13/12/2004 | 13/12/2004 | OK |
| 6 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 26/02/2005 | 18/03/2005 | 18/03/2005 | OK |
| 7 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 29/05/2005 | 22/06/2005 | 22/06/2005 | OK |
| 8 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 27/11/2005 | 20/12/2005 | 19/12/2005 | Terlambat |
| 9 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 06/03/2006 | 26/04/2006 | 25/04/2006 | Terlambat |
| 10 | PM 3M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 26/05/2006 | 27/06/2006 | 27/06/2006 | OK |
| 11 | PM 3M PUMP, AUX L/O. | 25/11/2006 | 28/12/2006 | 28/12/2006 | OK |
| 12 | PM 6M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 25/04/2004 | 17/05/2004 | 17/05/2004 | OK |
| 13 | PM 6M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 26/02/2005 | 17/03/2005 | 17/03/2005 | OK |
| 14 | PM 6M PUMP, STM PWR GENTOR TRBN MAIN L/O | 06/03/2006 | 26/04/2006 | 24/04/2006 | Terlambat |

Kolom keterangan pada Tabel 4.14 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan *schedule compliance* dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$\text{Schedule compliance} = \frac{11}{14} \times 100\% = 78,57\%$$

$$\text{Planning compliance} = \frac{14}{14} \times 100\% = 100\%$$

Nilai *schedule compliance* yang mencapai 78,57% menunjukkan baiknya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Tingginya nilai *schedule compliance* menunjukkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan yang

tinggi. Keterlambatan perbaikan pada Pompa G-114AB hanya terjadi pada aktivitas nomor 8, 9 dan 14 dimana keterlambatan terjadi 1 hari dan masih bisa ditolerir.

4.5.2 Fan Radiator 31-K-6A, 31-K-6B dan 31-K-6C

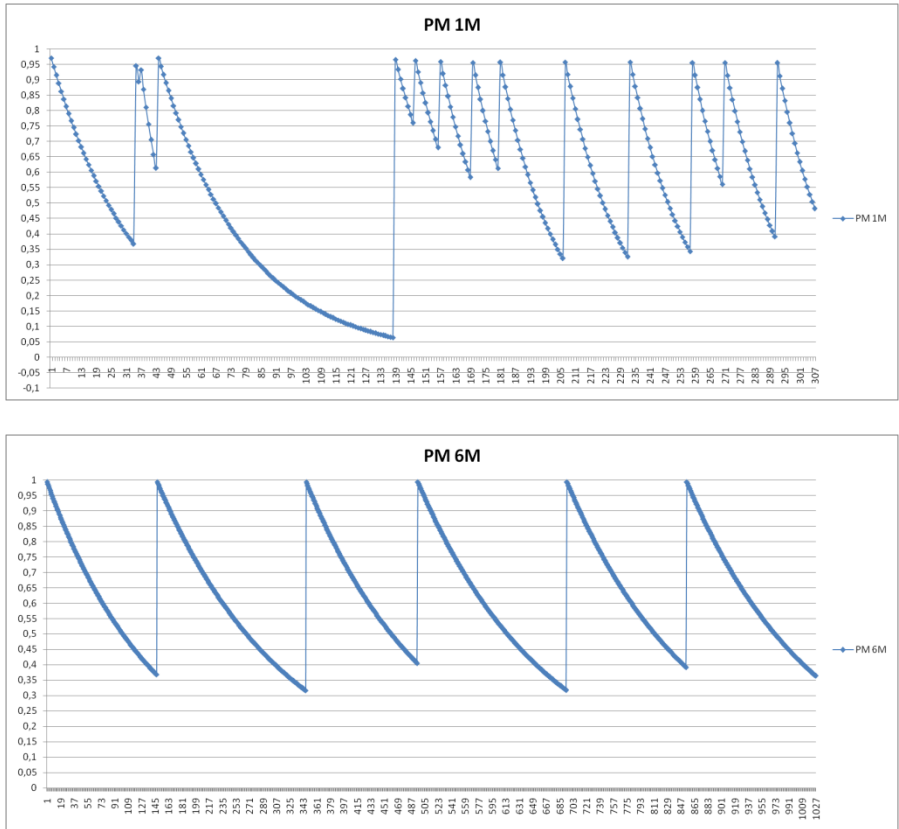
Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Fan Radiator 31-K-6A, 31-K-6B dan 31-K-6C disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 1 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.15 Daftar aktivitas perawatan Fan Radiator K-6ABC

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|-----------------------------------|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 03/02/2004 | 25/02/2004 | 34 | 34 | 0,029412 |
| 2 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 27/02/2004 | 24/03/2004 | 36 | 18 | 0,055556 |
| 3 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 31/03/2004 | 21/04/2004 | 43 | 14,33333 | 0,069767 |
| 4 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 25/07/2004 | 18/08/2004 | 138 | 34,5 | 0,028986 |
| 5 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/08/2004 | 16/09/2004 | 146 | 29,2 | 0,034247 |
| 6 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/09/2004 | 13/10/2004 | 156 | 26 | 0,038462 |
| 7 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/10/2004 | 18/11/2004 | 169 | 24,14286 | 0,04142 |
| 8 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 29/11/2004 | 01/12/2004 | 180 | 22,5 | 0,044444 |
| 9 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 27/12/2004 | 31/12/2004 | 206 | 22,88889 | 0,043689 |
| 10 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/01/2005 | 01/02/2005 | 232 | 23,2 | 0,043103 |
| 11 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/02/2005 | 15/03/2005 | 257 | 23,36364 | 0,042802 |
| 12 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 28/03/2005 | 05/04/2005 | 270 | 22,5 | 0,044444 |
| 13 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/04/2005 | 13/05/2005 | 291 | 22,38462 | 0,044674 |
| 14 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 29/05/2005 | 09/06/2005 | 307 | 21,92857 | 0,045603 |
| 15 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/05/2004 | 11/06/2004 | 147 | 147 | 0,006803 |
| 16 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 27/12/2004 | 31/12/2004 | 346 | 173 | 0,00578 |
| 17 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 29/05/2005 | 09/06/2005 | 495 | 165 | 0,006061 |
| 18 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 25/12/2005 | 13/01/2006 | 694 | 173,5 | 0,005764 |
| 19 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 22/06/2006 | 05/07/2006 | 854 | 170,8 | 0,005855 |
| 20 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 25/12/2006 | 15/01/2007 | 1027 | 171,1667 | 0,005842 |

Analisa Perhitungan MTBF dan *Reliability* Fan K-6

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Fan Radiator K-6ABC untuk periode PM 1M dan PM 6M



Gambar 4.7 Nilai *Reliability* PM 1M dan PM 6M Fan Radiator K-6ABC

Berdasarkan Gambar 4.7, untuk PM 1M Fan Radiator K-6ABC terdiri dari 14 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 4. Hal ini terjadi karena jeda waktu antar perawatan yang

mencapai 90 hari antara aktivitas nomor 3 dan 4. Meski terdapat banyak aktivitas perawatan namun nilai MTBF tidak terlalu rendah sehingga nilai *reliability* dapat berada pada kisaran 0,3.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Fan Radiator K-6ABC dapat terbilang stabil dan berada pada kisaran angka 0,3. Hal ini dapat terjadi karena penjadwalan dan pelaksanaan aktivitas perawatan yang sesuai sehingga waktu jeda antar perawatan berada di kisaran 180 hari.

Penjadwalan ulang aktivitas nomor 4 pada PM 1M dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai *reliability* peralatan. Meski terdapat banyak aktivitas perawatan namun nilai MTBF tidak terlalu rendah sehingga nilai *reliability* dapat berada pada kisaran 0,3. Saran lain yang dapat diberikan berupa pengurangan waktu downtime dengan cara penyediaan suku cadang serta sumber daya manusia yang cukup untuk setiap aktivitas perawatan.

Analisa Schedule Compliance Fan K-6

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Fan Radiator K-6ABC disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 1 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.16 Daftar aktivitas perawatan terencana Fan Radiator K-6ABC

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 03/02/2004 | 25/02/2004 | 25/02/2004 | OK |
| 2 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 27/02/2004 | 24/03/2004 | 20/03/2004 | Terlambat |
| 3 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 31/03/2004 | 21/04/2004 | 21/04/2004 | OK |
| 4 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 25/07/2004 | 18/08/2004 | 18/08/2004 | OK |
| 5 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/08/2004 | 16/09/2004 | 16/09/2004 | OK |
| 6 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/09/2004 | 13/10/2004 | 14/10/2004 | OK |
| 7 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/10/2004 | 18/11/2004 | 16/11/2004 | Terlambat |
| 8 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 29/11/2004 | 01/12/2004 | 01/12/2004 | OK |
| 9 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 27/12/2004 | 31/12/2004 | 31/12/2004 | OK |
| 10 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/01/2005 | 01/02/2005 | 01/02/2005 | OK |
| 11 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/02/2005 | 15/03/2005 | 15/03/2005 | OK |
| 12 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 28/03/2005 | 05/04/2005 | 05/04/2005 | OK |
| 13 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/04/2005 | 13/05/2005 | 13/05/2005 | OK |
| 14 | PM 1M FIN-FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 29/05/2005 | 09/06/2005 | 26/05/2005 | Terlambat |
| 15 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 26/05/2004 | 11/06/2004 | 11/06/2004 | OK |
| 16 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 27/12/2004 | 31/12/2004 | 31/12/2004 | OK |
| 17 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 29/05/2005 | 09/06/2005 | 26/05/2005 | Terlambat |
| 18 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 25/12/2005 | 13/01/2006 | 12/01/2006 | Terlambat |
| 19 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 22/06/2006 | 05/07/2006 | 04/07/2006 | Terlambat |
| 20 | PM 6M FIN FAN, REFRIG DESUPERHTR. | 25/12/2006 | 15/01/2007 | 15/01/2007 | OK |

Kolom keterangan pada Tabel 4.16 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$\text{Schedule compliance} = \frac{14}{20} \times 100\% = 70\%$$

$$\text{Planning compliance} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%$$

Nilai schedule compliance yang mencapai 70% menunjukkan baiknya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Tingginya nilai schedule

compliance menunjukkan nilai Mean Time to Repair (MTTR) atau rata-rata waktu yang diperlukan untuk perbaikan yang tinggi. Keterlambatan perbaikan pada Fan Radiator K-6ABC hanya terjadi pada aktivitas nomor 14 dan 17 yang bahkan mencapai 14 hari. Saran yang dapat diberikan adalah meningkatkan waktu perbaikan dengan cara penyediaan suku cadang serta sumber daya manusia yang cukup untuk setiap aktivitas perawatan.

4.5.3 Kompresor *Starting Air* 31-K-8A dan 31-K-8C

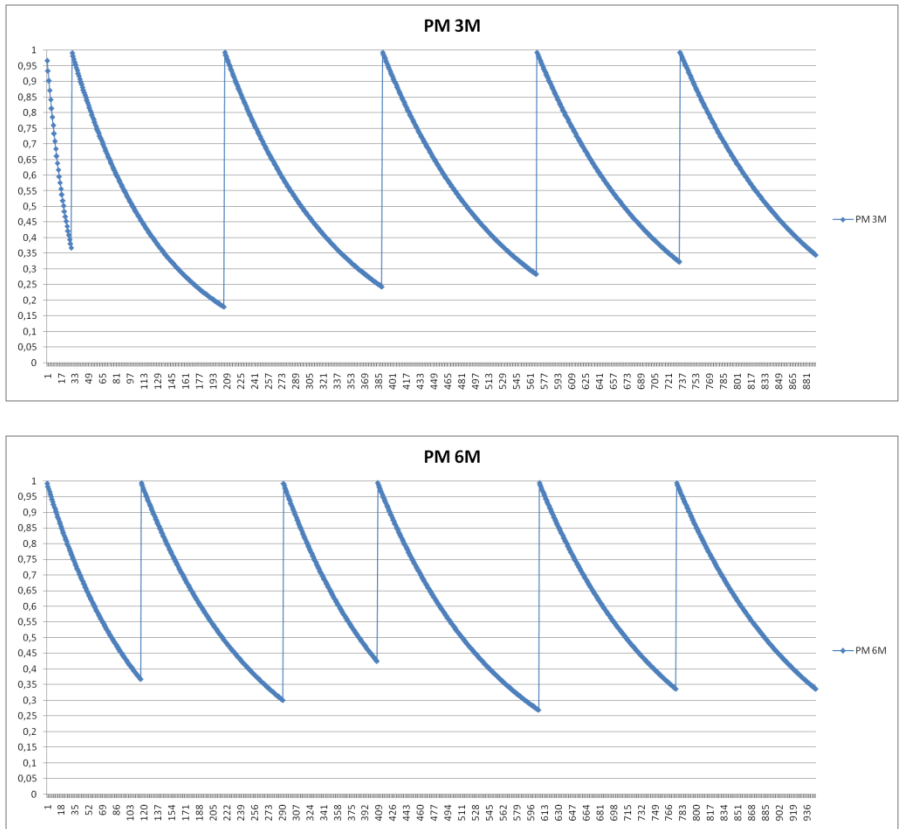
Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Kompresor 31-K-8A dan 31-K-6C disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, perhitungan uptime, perhitungan MTBF dan perhitungan lambda. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.17 Daftar aktivitas perawatan Kompresor K-8AC

| No | Activity | START | CLOSE | UPTIME | MTBF | λ |
|----|--------------------------------------|------------|------------|--------|----------|-----------|
| 1 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 29/01/2004 | 30/01/2004 | 29 | 29 | 0,034483 |
| 2 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/07/2004 | 27/08/2004 | 206 | 103 | 0,009709 |
| 3 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/02/2005 | 01/03/2005 | 389 | 129,6667 | 0,007712 |
| 4 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 27/08/2005 | 12/09/2005 | 568 | 142 | 0,007042 |
| 5 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/02/2006 | 23/03/2006 | 734 | 146,8 | 0,006812 |
| 6 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 28/08/2006 | 06/09/2006 | 892 | 148,6667 | 0,006726 |
| 7 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/04/2004 | 04/05/2004 | 116 | 116 | 0,008621 |
| 8 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/10/2004 | 31/12/2004 | 291 | 145,5 | 0,006873 |
| 9 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/04/2005 | 12/05/2005 | 407 | 135,6667 | 0,007371 |
| 10 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 27/11/2005 | 08/12/2005 | 606 | 151,5 | 0,006601 |
| 11 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/05/2006 | 06/06/2006 | 775 | 155 | 0,006452 |
| 12 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/11/2006 | 26/12/2006 | 947 | 157,8333 | 0,006336 |

Analisa Perhitungan MTBF dan Reliability Kompresor K-8

Berikut merupakan hasil plotting nilai *reliability* pada Kompresor K-8AC untuk periode PM 3M dan PM 6M



Gambar 4.8 Nilai *Reliability* PM 3M dan PM 6M Kompressor K-8AC

Berdasarkan Gambar 4.8, untuk PM 3M Kompressor K-8AC terdiri dari 6 aktivitas perawatan. Nilai *reliability* mencapai di bawah angka 0,3 pada aktivitas perawatan nomor 2, 3 dan 4. Hal ini terjadi karena jeda waktu antar perawatan yang mencapai 180 hari dan tidak sesuai dengan deskripsi aktivitas dimana seharusnya yang dilakukan adalah perawatan 3 bulanan.

Nilai *reliability* untuk aktivitas PM 6M Kompresor K-8AC dapat terbilang stabil dan berada pada kisaran angka 0,3. Hal ini dapat terjadi karena penjadwalan dan pelaksanaan aktivitas perawatan yang sesuai sehingga waktu jeda antar perawatan berada di kisaran 180 hari.

Penjadwalan ulang aktivitas PM 3M secara keseluruhan dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai *reliability* peralatan. PM 6M yang telah dijalankan bisa terbilang baik karena nilai *reliability* masih berada pada kisaran 0,3. Saran lain yang dapat diberikan berupa pengurangan waktu downtime dengan cara penyediaan suku cadang serta sumber daya manusia yang cukup untuk setiap aktivitas perawatan.

Analisa Schedule Compliance Kompresor K-8

Berikut merupakan daftar aktivitas perawatan pada Kompresor K-8AC disertai dengan data waktu mulai perawatan, waktu selesai perawatan, waktu rencana selesai perawatan dan keterangan. Aktivitas yang tercatat berikut meliputi preventive maintenance dengan periode 3 bulan dan 6 bulan serta reactive maintenance yang terjadi dalam periode tersebut.

Tabel 4.18 Daftar aktivitas perawatan terencana Kompresor K-8AC

| No | Activity | START | CLOSE | PLANNED | Keterangan |
|----|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 29/01/2004 | 30/01/2004 | 30/01/2004 | OK |
| 2 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/07/2004 | 27/08/2004 | 27/08/2004 | OK |
| 3 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/02/2005 | 01/03/2005 | 01/03/2005 | OK |
| 4 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 27/08/2005 | 12/09/2005 | 05/09/2005 | Terlambat |
| 5 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/02/2006 | 23/03/2006 | 23/03/2006 | OK |
| 6 | PM 3M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 28/08/2006 | 06/09/2006 | UNPLANNED | |
| 7 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/04/2004 | 04/05/2004 | 04/05/2004 | OK |
| 8 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/10/2004 | 31/12/2004 | 24/11/2004 | Terlambat |
| 9 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/04/2005 | 12/05/2005 | 12/05/2005 | OK |
| 10 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 27/11/2005 | 08/12/2005 | 07/12/2005 | Terlambat |
| 11 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 26/05/2006 | 06/06/2006 | 06/06/2006 | OK |
| 12 | PM 6M COMPSR, STARTING AIR (31-PE-1) | 25/11/2006 | 26/12/2006 | 14/12/2006 | Terlambat |

Kolom keterangan pada Tabel 4.18 tersebut menunjukkan apakah waktu selesai aktivitas perawatan tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Perhitungan schedule compliance dilakukan dengan membandingkan aktivitas perawatan yang selesai sesuai jadwal terencana dengan total aktivitas perawatan yang memiliki jadwal selesai terencana.

$$Schedule\ compliance = \frac{7}{11} \times 100\% = 63,64\%$$

$$Planning\ compliance = \frac{11}{12} \times 100\% = 91,67\%$$

Nilai schedule compliance yang mencapai 63,64% menunjukkan rendahnya ketepatan penyelesaian aktivitas perawatan sesuai dengan rencana. Keterlambatan perbaikan pada Kompresor K-8AC hanya terjadi pada aktivitas nomor 8 dan 12 yang bahkan mencapai 37 dan 12 hari. Saran yang dapat diberikan adalah meningkatkan waktu perbaikan dengan cara penyediaan suku cadang serta sumber daya manusia yang cukup untuk setiap aktivitas perawatan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan pada peneletian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Terjadi banyaknya penjadwalan aktivitas perawatan yang tidak sesuai dengan deskripsi aktivitas dan menyebabkan waktu jeda antar perawatan menjadi terlalu rendah atau terlalu tinggi sehingga tidak sesuai dengan periode yang ditentukan.
2. Waktu jeda yang terlalu panjang membuat nilai *reliability* terlihat turun waktu dilakukan perhitungan. Hal ini dapat mengakibatkan perhitungan yang salah apabila dilakukan perhitungan ulang untuk mengevaluasi sistem perawatan berdasarkan *Key Performance Indicator* (KPI).
3. Nilai batas ambang minimum atau *minimum treshold* untuk nilai *reliability rotating equipment plant* 31 berada di kisaran 0,3. Hal ini didapatkan berdasarkan hasil *plotting* nilai *reliability* dari 12 *critical rotating equipment* yang meliputi 5 peralatan ECR-1 (*Equipment Critical Rate*) dan 7 peralatan ECR-2. Nilai tersebut selanjutnya dapat dijadikan indikator untuk evaluasi dan modifikasi sehingga dapat menghasilkan nilai baru yang lebih tinggi.
4. Nilai *schedule compliance* untuk *rotating equipment plant* 31 berada di kisaran 60%. Hal ini didapatkan berdasarkan hasil perhitungan dari 12 *critical rotating equipment* yang meliputi 5 peralatan ECR-1 dan 7 peralatan ECR-2. Nilai tersebut selanjutnya dapat dijadikan indikator untuk evaluasi dan modifikasi sehingga dapat menghasilkan nilai baru yang lebih tinggi.

5.2 Saran

Agar diperoleh suatu sistem perawatan yang baik, maka saran yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pencatatan histori perawatan pada peralatan dilakukan lebih detail dan dilengkapi dengan deskripsi perbaikan apa saja yang dilakukan.
2. Nilai *minimum treshold* serta *schedule compliance* yang didapatkan dari penelitian ini selanjutnya dapat dijadikan indikator untuk evaluasi dan modifikasi sehingga dapat menghasilkan nilai baru yang lebih tinggi.
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat menggunakan analisa dengan peralatan yang berbeda dan variasi penentuan indikator yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Higgins, Lindley R., dan Keith R, Mobbly. (2002) “***Maintenance Engineering Handbook*** “, Sixth Edition. McGraw-Hill. New York.
2. Keith R. Mobbly. (2002),“ ***An Introduction To Predictive Maintenance***”, Second Edition, Elsevier Science. New York.
3. Bloom, Neil. (2006) “***Reliability Centered Maintenance (RCM) - Implementation Made Simple***”, McGraw-Hill. New York.
4. Daya, M-Ben. (2016) “***Introduction to Maintenance Engineering - Modeling, Optimization, and Management***”, Wiley.
5. Wireman, Terry. (1998) “***Developing Maintenance Indicators for Managing Maintenance***”, New York.
6. Dhillon, B.S. (2002) “***Engineering Maintenance: A Modern Approach***”, United States

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Drs. Sugeng Firmanto dan Ibu Titik Martiningsih, S.Pd. Penulis lahir dikota Bojonegoro pada tanggal 26 Agustus 1994. Jenjang pendidikan formal yang telah ditempuh berada di TK PUWAB Bojonegoro, SD Negeri I Kadipaten Bojonegoro, SMP Negeri 1 Bojonegoro, SMA Negeri 1 Bojonegoro dan D3 Teknik Mesin ITS. Pada tahun 2016 setelah lulus D3 Teknik Mesin ITS, penulis melanjutkan studi Lintas Jalur di S1 Teknik Mesin ITS dan mengambil bidang Konversi Energi sebagai bidang keahlian.

Di jurusan, penulis cukup aktif di bidang organisasi dan pelatihan. Organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin (HMDM). Penulis pernah mengikuti berbagai pelatihan meliputi PKTI (Karya Tulis Ilmiah), PJTD (Jurnalistik), LKMM Pra-TD dan LKMM TD serta menjadi ketua pelaksana pelatihan LKMM TD VII di HMDM.

Apabila ada saran dan masukan yang bermanfaat untuk disampaikan ke penulis, dapat dihubungi melalui nomor telepon 085748933895 atau email : bgsalif@yahoo.com